



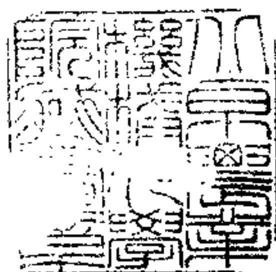
经济控制论

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

经济控制论

何维凌 邓英淘 著



四川人民出版社

一九八三年·成都

责任编辑：胡炳坚
封面设计：曹 力
题 签：戴士和

走向未来丛书

经济控制论 何维凌 邓英淘编著

四川人民出版社出版 （成都盐道街三号）
四川省新华书店发行 四川新华印刷厂印刷

开本787×960毫米1/32印张 10 插页 5 字数 152 千
1984年1月第一版 1984年1月第一次印刷
印数：1—14,000册

书号：4118·18 定价：1.10 元

编者献辞

《走向未来》丛书和读者见面了。

她凝聚着我们的心血和期望。

我们期待她能够：展现当代自然科学和社会科学日新月异的面貌；反映人类认识和追求真理的曲折道路；记录这一代人对祖国命运和人类未来的思考。

我们的时代是不寻常的。二十世纪科学技术革命正在迅速而又深刻地改变着人类的社会生活和生存方式。人们迫切地感到，必须严肃认真地对待一个富有挑战性的、千变万化的未来。正是在这种历史关头，中华民族开始了自己悠久历史中又一次真正的复兴。

在艰苦而又富有生命力的改革道路上，我们坚

E595/20

定了马克思主义的信仰，理解了科学的价值，并逐步深化了对我们时代和民族的认识。今天，我们听从祖国的召唤，热情地投身于实现社会主义现代化的伟大潮流。

马克思有一句名言："思想的闪电一旦真正射入这块没有触动过的人民园地，德国人就会解放成为人。"* 今天，照亮我们民族的思想闪电，就是马克思主义、科学精神和我们民族优秀传统的结合，以及由此开始的创新！

在中国社会科学院青少年研究所领导下，我们编辑了这套《走向未来》丛书。

她力图从世界观高度把握当代科学的最新成就和特点，通过精选、咀嚼、消化了的各门学科的知识，使读者特别是青年读者能从整个人类文明曲折的发展和更迭中，理解中华民族的伟大贡献和历史地位，科学地认识世界发展的趋势，激发对祖国、对民族的热爱和责任感。

她特别注重于科学的思想方法和新兴的边缘学科的介绍和应用；把当前我国自然科学、社会科学，以及文学艺术方面创造性的成果，严肃地介绍给

* 《马克思恩格斯选集》，人民出版社，1975年版，第1卷，第15页。

社会，推动自然科学与社会科学的结合。

《丛书》是个新园地，她将自始至终贯彻严肃认真的学风和生动活泼的文风。

《走向未来》丛书从她一开始就受到老一辈共产党人关怀，受到学术界前辈的热情支持。

约四百年前，弗兰西斯·培根在《伟大的复兴》一书序言中，曾经这样谈到书中描述的对象，他“希望人们不要把它看作一种意见，而要看作是一项事业，并相信我们在这里所做的不是为某一宗派或理论奠定基础，而是为人类的福祉和尊严……。”我们怀着真挚的感情，把这段话献给《丛书》的读者，希望广大读者关心她、批评她、帮助她。

让她成为我们共同的事业。

《走向未来》丛书编委会

一九八三年六月于北京

序言

经济学，作为一门完整的学科，已有了数百年的历史，发展到今天，就象是一棵大树，深植于社会-经济实际运动的土壤中，在粗壮的主干上分枝丛生，花繁叶茂，色彩缤纷。然而，近二十年来，有人尝试用控制论的思想和方法给这棵古老的参天秀本嫁接一枚并不显眼的新芽。在斗艳争芳的盛况中，在浓荫绿叶的掩映下，这枚新芽默默地成长着——通过母体发达的根系不断吸收土壤中的营养，以自己特有的生命力，蓬蓬勃勃地成长着——短短时间，居然崭露头角，成了经济学这棵大树上独树一帜的新分枝，这就是经济控制论。尤其是近年来，这一新的分枝更奇葩竞放，使人们刮目相看，并殷切地期望它结出累累硕果来。

有关经济控制论这门学科的精湛论文和专著，早已相继问世，在我国学术界的专门领域中已非鲜为人知。然而，对于一般读者，特别是广大青年读者，经济控制论还是一门生疏的学科。它的研究宗旨是什么？有哪些内容？它用的是什么方法？取得了哪些成果？它有没有自己的理论体系？和其他学科的关系如何？发展前景怎样？等等，这一系列的问题都亟待回答。为此，我们编著了这本小册子，希望读者通过它，能看出经济控制论的概观大要。如果其中的一些观点和方法引起了读者的兴趣，或者多少能对实际工作有所裨益，那么，我们希望这本小册子能为读者搭起一座平稳的小桥，使读者有信心迈向经济控制论的更深入、更专门的领域，而不致于因望见庞大的控制论体系和艰深的数学符号而却步。

就经济控制论这门新学科而言，我们也只是初学者和探求者，因此，对书中的错误和不当之处还望读者不吝指正。

在这本小册子的编著过程中，我们得到金观涛、杨小凯、张阿妹、罗小朋和赵尔烈等同志的大力支持和帮助，在此深表谢意。

编著者　1983.5.20于北京

目　录

第一章　经济控制论的研究领域、观察角度和分析方法…………………………… 1
1·1　"经济控制论"的辞义诠释………………… 4
1·2　经济控制论的研究领域…………………… 7
1·3　经济控制论的观察角度…………………… 9
1·4　经济控制论的分析方法…………………… 13
1·5　经济控制论与其他经济学分支的区别……… 16
第二章　系统、经济系统和系统分析………… 23
2·1　系统和经济系统…………………………… 25
2·2　系统概念的特性…………………………… 36
2·3　系统论和系统的描述……………………… 40
2·4　系统分析方法……………………………… 44
2·5　系统的复杂性和控制论系统……………… 49
第三章　信息、经济信息和信息传输………… 55

3·1 信息世界…………………………………………… 57
3·2 信息和熵…………………………………………… 60
3·3 对约束的描述——信息效率、剩余度和自由度…………………………………………… 62
3·4 信息传输的方式——编码和译码…………… 66
3·5 信道的传输能力和信息序列的编码定理…… 71
3·6 经济信息的传输速率和传输效率…………… 76
3·7 信道的并联和串联…………………………… 81
第四章 控制、经济控制和控制方式………… 87
4·1 目的性、控制以及经济控制……………… 90
4·2 经济控制的分级原则——集中控制和分散控制…………………………………………… 92
4·3 经济控制的稳定性问题…………………… 98
4·4 经济控制的基本方式……………………… 105
4·5 经济过程的程序控制……………………… 107
4·6 信息反馈的基本公式……………………… 117
4·7 经济过程的目标控制……………………… 120
第五章 经济控制论系统……………………… 127
5·1 经济控制论系统的概念…………………… 130
5·2 经济控制论系统外部行为的基本描述——输入向量和输出向量…………………… 135
5·3 经济控制论系统内部行为的描述——元素间的联系（或作用）………………… 138
5·4 经济控制论系统动态结构的描述

——与时间相关的结构和联系……………142
5·5 经济控制论系统的状态、行为和功能的一般描述……………146
5·6 结构、功能、行为等概念的应用……………151
第六章 经济时间和经济空间……………157
6·1 经济时间……………160
6·2 经济空间……………164
6·3 经济控制论系统在经济时空坐标系的数学描述……………167
6·4 经济时空概念和社会-经济发展的立体战略问题……………169
第七章 经济控制论法则……………173
7·1 经济控制论法则……………175
7·2 控制的有效性和最优控制的概念……………182
7·3 确定最优控制的一般方法……………187
7·4 对国民经济增长作最优控制的一般过程……191
7·5 经济过程动态平衡的一般描述……………194
7·6 经济过程稳定性的定量描述……………199
第八章 经济控制论模型的建立……………205
8·1 经济控制论模型的分类……………208
8·2 建立经济控制论模型的四个步骤……………210
8·3 经济控制论系统的经济-数学模型……………214
8·4 经济控制论模型意义的浅析……………216
第九章 国民经济总控制论系统……………219

9·1 国民经济总控制论系统的概念……………… 222
9·2 国民经济总控制论系统的拓扑结构………… 224
9·3 国民经济总控制论系统的三大类系统
之间和内部的主要联系及流向图…………… 228
第十章 经济控制系统……………………………… 235
10·1 社会-经济管理系统 ……………………… 239
10·2 经济信息系统………………………………… 247
10·3 经济效率系统………………………………… 253
10·4 经济杠杆系统………………………………… 257
第十一章 经济执行系统………………………… 263
11·1 生产和劳务系统…………………………… 266
11·2 人口和劳力系统…………………………… 272
11·3 研究和开发系统…………………………… 275
11·4 对外经济系统………………………………… 280
第十二章 经济成果系统………………………… 285
12·1 社会产品和国民收入系统………………… 289
12·2 国民财富系统………………………………… 295
12·3 国民福利系统………………………………… 302
结 语…………………………………………………… 307

第一章

经济控制论的研究领域、观察角度和分析方法



人们将不仅对事物的新状态感兴趣，而且还将对经济自身从旧状态调整到新状态的过程感兴趣。是些什么力量在起作用呢？

——罗伊·哈罗德《动态经济学》

当代美国著名经济学家萨缪尔森曾经说过："了解情况的最终目的是要有助于控制和改良。"① 他很推崇马克思的名言："哲学家们只是用不同的方式解释世界，而问题在于改变世界"②，声称一切伟大的经济学家都应以此为座右铭。就强调人的作用、重视人的主观努力而言，在经济学中几乎没有其他分支能象经济控制论那样目标明确、旗帜鲜明

① 《经济学》上册，商务印书馆1981年版，第10—11页。

② 《马克思恩格斯选集》第1卷，人民出版社1972年版，第19页。

的了。可以说，经济控制论正是产生在科学技术日新月异、经济现象日益复杂、各种经济活动不断纵横交错而层次繁多的时候，它反映了人们试图驾驭社会-经济运动的强烈愿望和巨大潜力。

1·1 “经济控制论”的辞义诠释

“经济控制论”这一学科名称,在内涵上有自己的一段坎坷经历,而且在发展的过程中产生了分化,反映了两种既有区分而又相关的研究体系——它的一种涵义代表的是经济控制理论 (Control theory of economy),属于数量经济学的一个新分支;它的另一种涵义代表的是一门崭新的边缘科学，是经济学的新理论、新学说,因此,严格地说，应该称为“控制论经济学”(Cybernetic economics)。本文作者主要是在后一种涵义上来谈论“经济控制论”，也就是从“控制论经济学”的基点出发来介绍这门学科的。由于二十多年来“经济控制论”这个统一的名称沿用既久，虽然其内容不断丰富，涵义产生分化、已成为两种体系，但还没有人提出“正名”的动议，因此在我们的介绍中仍保留这个名称，只偏重阐述我们自己的看法。

最初，在三、四十年代，有关控制理论的研究已经作为应用数学的新领域而展开了。而在控制论的奠基者维纳发表了他的名著《控制论，或在动物和机器中的控制和通讯》之后，控制论才脱颖而出，得到独立而迅速的发展，仅十数年间，便风靡学界。在控制论声势大张的六十年代，许多学科纷纷引入控制论，竞相出现了各种学科的控制论。其实，当时只不过是运用控制论的一些概念和方法，以解决本学科中某些问题的尝试而已。“经济控制论”之称，也正是从那时开始，并一直沿用下来。后来，由于其中的经济学成分逐渐反客为主，使这门学科从控制论的分支转为经济学的分支，从经济领域中对控制论的应用变成了以马克思主义的基本原则为指导的、以控制论的基本思路和方法构造的经济学。现在的经济控制论已不是零零星星地运用某些控制论概念来个别地解决某些经济问题，而是以控制论特有的逻辑结构综合并拓广已有的经济学成果，逐步地发展自己的理论体系，从而形成一门新的学科。这一点可从三个方面来说明：

（1）经济控制论的研究对象已涉及整个经济领域、涉及其中的所有过程和机制；

（2）经济控制论用有关系统、结构、功能以

及行为、信息、控制等新的观点和新的观察角度来看待经济现象，并力图由此建立起自己的概念体系和基本原理；

（3）经济控制论体系适于采用各种数学方法，从而为宏观经济到微观经济的统一的量化分析提供了巨大的可能性。

至于经济控制论在另一涵义下（即作为数量经济学分支）的研究体系，在近十年中也有了很大发展。尤其是七十年代邹至庄等人把最优控制理论应用到经济领域中，形成了很盛的势头，至今有增无已。然而，就系统的科学而言，这些工作只是开拓了数量经济学领域，并不企图在基本概念和观点上对经济学进行根本的改造。特别是其工作重心在于微观经济分析，而较少涉及宏观经济研究，缺乏对整个社会-经济运动作总体上的把握。本书在介绍经济控制论的过程中，将以较浅近的语言把这方面的某些内容包容进去。

从发展趋势上看，随着经济控制论在宏观经济研究和微观经济分析之间不断建立各种通道，经济控制论的两种研究体系也就越有可能溶为一体。

1·2 经济控制论的研究领域

狭义地说，经济控制论的研究领域主要集中于管理过程以及与管理过程有关的经济系统中的信息传递和加工过程。广义地说，经济控制论的研究领域涉及整个国民经济系统及其各子系统，涉及这些系统内部和外部的各种联系以及在各系统中运行的一切过程和机制。

经济控制论所要研究的是整个经济领域的各个方面和各级层次的问题：从宏观经济现象到微观经济过程，从国民经济总系统的结构到它各个组成部分的结构和关联，从计划制定到市场调节，从地方、部门到企业、车间以至班组的管理等等，无一不是经济控制论的研究对象。

就计划经济而言，经济控制论对社会生产管理有特别重要的意义，它在理论上至少要解决如下几方面的问题：

（1）经济系统的结构、功能和动态的规律性；

（2）经济管理和自动调节过程的规律性，其中包括如何使计划原则同经济活动中的自调节、自组织原则相吻合，在各种场合下如何确定以计划经

济为主、以市场调节为辅的两者的关系；

（3）经济管理信息系统方面的问题，如社会评价问题，包括社会价值、使用价值和计划价格等发展形式的问题；

（4）中央、地方和部门如何在计划和经营的最优决策上互相协调方面的问题；

（5）调节社会生产的经济杠杆体系方面的问题，如经济核算制，经营责任制，奖罚制度，盈利计划和价格计划，新技术和基建投资的经济效果等问题；

（6）实现社会-经济发展的战略目标并统筹兼顾国家、部门、地方、企业（集体）和个人之间的利益关系方面的问题。

就市场经济而言，经济控制论针对的是管理巨大而复杂的商业企业、工业企业、托拉斯组织等问题。在宏观上偏重于财政金融手段和供需关系，在微观上偏重于经营管理，并且更着重采用计量的方法和技术。

总的来说，经济控制论的研究主要沿着以下四个方向展开。

（1）针对不同的目的，实现对经济系统及其运动过程的完备而准确的描述和仿真。目前这方面

已取得丰硕的成果，形成了比较系统的建立模型的理论与方法。

（2）对经济控制论系统的功能特性在科学的定性分析基础上实现定量分析。这是经济控制论的核心部分，同时也表现了经济控制论的一个基本的特征——使定性的经济分析严密化和数量化。通过研究经济系统的可观性、稳定性、可靠性和可控性等问题,建立起一般理论和分析方法,从而实现对不同的经济系统的功能特性的深入比较。同时,还可以对已有的经济理论的可靠性及适用条件进行分析。

（3）对有关经济计划、预测、决策的方法及应用的研究。

（4）关于经济活动及过程的组织、控制和管理的一般理论和专门理论的研究。

这里主要有以下几个方面的工作：a.关于经济增长的最优控制的研究；b.关于经济运行的调节机制的研究；c.关于经济信息传输过程和经济信息系统的研究。

1·3 经济控制论的观察角度

经济控制论对经济现象的观察角度是崭新的，

既有高度又有深度和广度。它采用了系统和动态的观点，结构和功能的观点，行为和目标的观点以及信息和控制的观点——所有这些观点又不是各行其事、各持一端，而是浑然成一整体，统一在认识和把握人的能动特性的基础上。可以说，经济控制论在研究经济活动的规律性时，始终强调人的能动因素。在组织化程度日益增大、交往日趋频繁和复杂的现代经济生活中，认识到这一点，意义是非常重大的。

对于古往今来世界上发生的各种现象，都可以从多种角度出发进行观察和分析。但是随着现象的复杂程度不同，也可以说随着被研究系统的相互关联和制约层次不同，不同的观察角度和分析方法在实际意义和功效上也就大相径庭。就人类对经济活动的主观目的和实际控制而言，针对不同的研究对象所用的观察角度和分析方法也必须相应地有所不同。杀鸡固然不必用牛刀，但宰牛却难以用杀鸡之刀。

如果仅从物质-技术方面来看人类社会的生产过程，并以此为标准，可以把经济-社会运动粗略地划分为四个阶段：以采撷、狩猎为主体的部落社会，以小农业为主体的传统社会，以大机器生产为

主体的工业社会，以科学技术为主体的信息社会。当然，实际的社会运动并非都严格地按这种理想化模式行进，其中多有交叉和重迭，但基本路线大致如此。

当生产处于刀耕火种的原始形态时，经济系统的层次最少，结构也最简单，几乎谈不上有实际意义的信息和控制方面的问题。对于领主庄园式的或自给自足式的小农经济形态而言，其系统虽然有了一定层次和关联，但仍是简单面幼稚的，那里的管理主要是以直接的隶属方式进行，只有小范围内的小规模的流通，因此毋须站在信息和控制的高度来看问题。工业社会的经济活动就要复杂得多了，诸如需求-供给、投资-效益以及市场-计划等问题相继出现，各种经济学说应运而生，逐步形成整套的概念系统和完整的经济原理，其中涉及不少信息和控制方面的问题——甚至有的基本观点已和控制论观点暗合，如“自由放任”政策的理论把资本主义经济当成一个自动调节的系统。然而，从总体上讲，以信息和控制的观点来系统地分析整个经济领域，并以此为基础进行定量描述，还没有提到这一历史阶段的议事日程上来。当今人类社会已跨进信息社会的时代，虽然许多地方还存在着二元或多元结

构，传统社会、工业社会和信息社会的色彩交然相映，但信息社会已成为主流，其特征几乎渗入到经济活动的每个角落。简要地说，信息社会是以各种社会活动（尤其是经济活动）极大地依赖于信息交流、信息处理和信息储存为特征的．在那里科学技术正成为生产过程的主导力量，经济系统的构成复杂、层次繁多、联系密切，物质和信息的交流不断加强，组织化程度不断提高，原先分离的各种活动在信息交流的作用下得到整合。在这种情况下必须以信息和控制的高度来统一地看问题。于是，经济控制论的观察角度就不仅是有效的，而且是必要的了。此外，这种观察角度并不局限于看待信息社会的各种经济问题，它能使人们在新的高度上对社会运动四个阶段的主要经济问题作统一的认识和把握。在这个意义上讲，经济控制论也是解决经济上二元或多元结构问题的有力工具。

毫无疑问，经济控制论的观察角度，主要来自于信息论、系统论和控制论的基本思路，即：在不同的系统中，其控制过程的类似性完全具有规律性，这些过程的基质就是信息，正如物理-化学过程的基质是能量一样；信息过程与信息承载者的性质无关，服从于一般的数量规律。从这个基本思路出

发，经济控制论建立起自己的概念体系，统一地处理各种各样的经济问题。

1·4 经济控制论的分析方法

经济控制论的基本方法可以分为两个方面：第一是在经济控制论所特有的观察角度和概念体系的基础上，辨识各种经济控制论系统的性质，辨识其运行的过程和规律性。其特点是大量地运用系统框图和关系框图。第二是建立模型，运用各种现代数学的手段，进行数量分析和模拟仿真。

可以说，经济控制论是用计算机系统解决社会-经济管理问题的科学基础。经济控制论的分析方法首先可以使问题明晰化、确定化，进一步可以为各种经济系统建立经济-数学模型，并依此对经济行为进行计算机模拟，从而为经济决策提供较可靠的依据。

在此，我们以制定国民经济计划为例来作简要说明。在计划管理中，社会的一切基层单位，在每一确定的时刻，都应具有同整个社会-经济的发展目标相协调的、以相应指令(或指导)形式表现出来的各自的具体目标。确定计划的指令和指标是一个

复杂的过程。在编制和计算大量的各种各样的计划指标时，经济控制论可以起巨大的作用。尤其是，可以在经济控制论的理论和方法的基础上，借助最新的计算技术和电子计算机解决各项指标的最优化问题和最优指标之间的相互衔接问题。

我们可以通过各种不同方式来控制数字规定的各种指令和任务。例如，计划规定的生铁数量，可以通过开采和冶炼铁矿石来达到；计划规定的粮食产量，可以在具有不同的自然条件和生产条件的各地区中来完成；各部门的发展速度可以从现有的生产能力和预计的投资效益的综合考虑来平衡；人民的需求可以通过消费品的供应及其价格的调整来满足或调节；等等。但是，在所有这些情况中都应选择一个完成指令和控制数字的最优方式。评价任何一种方式是否最优，都要借助经济控制论的方法（包括数学对策论、数学规划法）来进行。

最优方案通常是通过求解一定目标函数的最大值或者最小值来确定，目标函数反映出指导部门所规定的经济标准。如表明国民收入的目标函数要求最大值，确定成本的目标函数要求最小值。最优化问题是经济控制论的一个非常重要的课题。解决最优化问题的方法通常是建立相应的经济-数学模型，

并进行电子计算机模拟和演算，从而得出最优方案。这一方法也可以说是对经济系统实行最优化控制的方法。

总之，经济控制论和理论控制论一样，也是一个跨学科的知识体系。由于它的研究范围较之理论控制论更为具体，所以其内容和涉及的专门知识就更为广泛、更为丰富。

除了经济学知识以外，经济控制论涉及的知识领域有：系统理论，理论控制论，耗散结构理论，自我学习（或自组织自适应）理论，内环境稳定机制理论，伺服机构理论和自动化理论，信息论，决策论以及这些知识所对应的数学分支（集合论、近世代数、拓扑学、规划论、随机过程论等）。

经济控制论把如此丰富的智慧成果熔于一炉，是它在理论和方法上的强大优势。只有这样，它才能把经济学与其他各门学科联接起来，形成了一种相互推动的局面。

一方面经济控制论从数学、计算机技术和生物学等学科得到很大的启发；另一方面，对经济过程复杂性的研究又为数学、计算机技术等学科深入的进展提出了课题，并指示了方向。

在经济学领域中，经济控制论当然不能替代从

其他不同角度和使用不同方法进行的研究。无论是侧重经验的还是侧重分析的，也无论是侧重实际运行过程的还是侧重主观价值判断的经济研究，都将继续提供重要的发现和经济思想。但是，由于经济控制论对经济过程的描述更加完备、更为规范，尤其是对经济过程的复杂性给予更精确的描述和分析，因而它提高了经济分析和经济综合的水平。

1·5 经济控制论与其他经济学分支的区别

关于经济控制论与其他经济学分支的区别，一般可从下述几方面来认识：

第一，经济控制论是从更加完备和综合的角度来认识经济系统这一整体的。它明确地提出了经济系统的结构、功能、行为这样一些经济系统的基本属性，并以它们作为描述经济系统的基点。

在一定程度上可以说，以往的经济学只是以经济系统属性的某一方面(如结构)来作为自己的主要研究对象，并以此为出发点延伸、展开自己的理论体系和应用研究。而只有经济控制论才第一次试图从总体上全面地把握这些基本属性和它们之间的相互联系。这不仅使经济控制论以自己特有的逻辑起

点和逻辑体系而独树一帜，同时也为各个经济学分支彼此互相沟通、借鉴和综合提供了基本的元语言，因而也就为整个经济学科的大发展做好了准备。

第二，经济控制论首先开创和奠定了经济系统中调节与控制过程的普遍理论的基础。

在现实的经济过程中从来就不存在纯粹自发的必然过程，而是充满着调节和控制这样的现象和过程。没有这类现象的经济过程是不可想象的。因此，任何一门经济学都以自己特有的方式或多或少地回答其中的问题、提示其中的规律。不涉及这类问题的经济学同样也是不可想象的。但是，以往的经济学往往只是以一定时期、一定条件下的特殊经济系统的调节和控制机制为研究对象。它们从未企图在更为一般的意义上来认识其中的普遍的有关调节的规律，因而也就不可能形成有关的一般理论。但是，社会、经济和科学技术的实际发展已经无可辩驳地表明：在各种特殊的控制系统（如生物、自动机等系统）中，确实存在着普遍的规律。对此，经济系统自然也不例外。

经济控制论以其对经济系统这一客体的更全面的认识为起点，以控制论和计算机技术为基础，将

散见于其他各个经济学分支中有关经济调节和控制过程的认识溶为一体，荟萃群英，加以升华和拓广，使得经济系统中调节和控制过程的普遍理论有了坚实的基础。经济控制论以严格而系统的表述廓清了其他经济学分支中对于经济控制与调节问题的含糊描写，从而为确切地回答这类问题、乃至检验种种有关的判定，提供了逻辑武器。

这一切之所以能够岿然确立，主要归因于人类对于信息过程的认识——这是人类认识史上的又一次革命性的飞跃。尽管不同的系统是由不同的物质基元构成的，其中的能量转换形式又是千姿百态，但是其中所发生的各种调节和控制过程却有着共同的属性——信息的传输、加工和贮存。而这正是调节和控制的普遍理论能够建立的客观依据。同时，这也是控制论和信息论为什么能够双双来到世上的原因所在。

因此，关于经济系统中调节与控制过程的普遍理论——经济控制论，在整个经济科学中的独立存在和重要地位，自然也就没有任何理由再受到怀疑了。

第三，经济控制论把经济学的客观对象（实际的经济系统）与经济学本身的主观能动性（对经济

活动的调节和控制）有机地结合在一起。

为了叙述方便起见，这里粗略地将整个经济科学分为实证经济学和规范经济学。实证经济学是进行因果分析的。它着重于研究一定的经济行为将导致何种后果，而不问这种后果是否有利或是否合乎人们的期望。规范经济学则把问题倒置过来，它以社会所期望达到的目标为出发点，指出人们应该如何行动。但是，二者在理论形态上的这种差别一俟进入现实的经济生活中就变得模糊不清了。因为在实践中人们既要考虑自己的主观偏好，以便采取有目的的行动，又要考虑实现这种期望（偏好）所要付出的代价，其后果是否能够忍受。用经济控制论的语言来说，这是一个互为因果的关系。

经济控制论正是在这样一个角度上，把主观和客观有机地结合起来，从而铺平了理论通向实践的道路。实际上，经济系统中的调节和控制过程就是主、客观的统一过程。

经济控制论一方面将不同的主观偏好抽象成不同的目标函数，据此分析能否或能够在多大程度上通过调节和控制（在一定的约束条件下）来达到一定的（单一的或综合的）目标。从而将不同的主观倾向性包含于调节和控制的问题之中。另一方面，

它又回答了经由不同途径实现某一目标的比较问题，于是，这又将客观评价溶于调节和控制的问题之中。

第四，经济控制论大大提高了经济学定性分析的科学水平。

这里要纠正一种流行的看法，即认为经济控制论仅仅是一种数量分析方法，只不过提高了数值的精度。这实在是一种极大的误解。

我们知道，经济运动具有某种不确定性。这种固有特点并不因经济科学本身的发展和社会与科学技术的进步而消失，发生变化的只不过是不确定性的具体内容和人们应付与利用它的能力。

这样，经济学就不可能包括那么多细节，它只能把经济系统的基本性质和发展趋势作为自己的主要研究对象。从这层意义上可以说，以往的经济学对此或者只能做出十分简要的回答，或者只能进行描述性的分析。

只有经济控制论对于经济系统的功能特性（如稳定性、可控性等）给出了一整套的概念和分析方法，从而把经济学定性分析的科学水平提到一个新的高度，并在此基础上进行定量分析。因此，科学的定性分析是经济控制论的核心部分。而经济控制

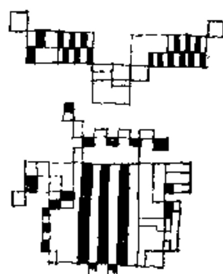
论的这一特征，正是马克思理论经济学发展到一个崭新阶段的重要标志。

值得一提的是，对于经济系统的结构特性问题，例如对于资本主义经济系统的解体问题，进行经济控制论的定性分析，揭示其数量特征，已不仅仅是科学的展望，更不是遥遥无期的愿望。它已成为经济控制论研究的可能的重要发展方向，虽然远未成熟，但已初露端倪。



第二章

系统、经济系统和系统分析



"系统"这个词，是我们经常用到的。我们社会里有财贸系统、文教系统，人体里有消化系统、呼吸系统，等等。……我们要处理一个问题，必须把这个问题有关的部分联系起来考虑，而这个联系考虑的范围就叫做"系统"。

——钱伟长《组织和管理的近代科学——系统工程》

经济控制论首先是从系统的角度来研究经济对象的，也可以说，它是把经济对象的某些属性、某个过程或某种问题放在一定的经济范围内来研究的。因此，经济控制论开宗明义要引入经济系统的概念。于是我们当然要明确地回答：什么是系统。

2·1 系统和经济系统

广义地说，宇宙间的万事万物，人们研究的所有对象，都可以说是系统，都可以看成为某种系

统。当然，我们在这里加了一个限制词："广义地说"。这也就是说，只要我们从某个角度来看，或从某种研究目的出发，都可以把某事某物当作系统来处理。

系统的定义有多种表述。最简单的说法是：系统是一组有联系的元素的集合。系统的较全面的定义具有三层涵义：

（1）系统是具有一定结构（亦即相互存在着某种稳定联系）的元素所组成的集合，一切与该系统有关联的其他元素的集合称之为系统的环境（或外系统）；

（2）系统是以整体的方式与环境相互作用的，系统通过对环境的作用（以输出和输入的方式）表现其功能；

（3）作为整体的系统在不同程度上具有稳定性、动态性和适应性等特征。

系统内部可以含有子系统。子系统是系统部分的元素的集合。

由各种经济要素组成的系统就是经济系统。这些经济要素既包括劳动力、资金以及原材料、工具、设备、土地、厂房、产品等经济物质，也包括技术和政策等方面的经济信息。经济物质和经济信

息在各经济元素之间流动着，构成了它们的相互联系；经济物质和经济信息在系统和环境之间流动着，构成了经济系统的输入和输出，并完成其经济功能。

对于系统和经济系统的定义，需要进一步作如下说明。

（1）系统的元素

系统的元素是完成某种功能而无须进一步再分的单元。例如，取某企业为经济系统，而把车间看成是它的元素。如果以车间为元素，则它现有的设备、劳动力和劳动对象的储备等都可以作为它的属性。

元素的属性反映着为人们感兴趣的实际对象的可能特征，将这些特征表以k维向量g，它有分量g_1，g_2，…，g_k。元素的状态向量g对应于被研究对象的可能状态。

元素的行为通常表现为元素与其外部环境的相互作用（联系），这可以用该元素的输入和输出来模拟，而一定的输入和输出之间的关系表现了元素的功能。因此，也可以说，元素是至少有一个输入和一个输出的特殊系统。通过描述输入和输出的强度来定量地表示元素与环境的相互作用程度，这通常是单位时间内流经元素的物质、能量或信息的数

量，具有速度的量纲。例如，车间的输入强度是单位时间内所使用的劳动资料和活劳动的数量，车间的输出强度是单位时间内所生产的产品数量。图2.1.1表示具有m个输入和n个输出的元素。



图2.1.1 元素的输入和输出

其中，u_1，u_2，…，u_m是元素的输入（强度）向量u的分量；

y_1，y_2，…y_n是元素的输出（强度）向量y的分量；

x_1，x_2，…，x_k是元素的状态向量x的分量；它们的变化可以是离散的，也可以是连续的。在经济系统中往往采用离散变量。

（2）系统的联系

联系在系统论、控制论上也叫做耦合。经济系统中的联系也叫做经济耦合，指的是各经济要素之间的因果关系链。最常见的经济耦合就是分工协作造成的投入-产出关系。

联系可以是单向的，也可以是双向的，还可以通过第三者来传递。两个元素之间的联系可以由某一元素的输出与另一元素的输入之间的关系来表示。从性质上讲，元素之间的联系主要有如下几种：共生关系（同步关系），协同关系，依附关系（制约关系），连带关系，离异关系以及对抗关系，等等。

系统作为统一的整体并具有一定的功能，都要通过元素之间的联系来实现。在经济系统中各元素的联系可以通过指令性（或指导性）计划而形成，也可以在市场机制的作用下自发形成。

通常，所谓系统的结构就是指系统的元素及其联系的总和。因为系统并不是一些元素的堆积，仅仅表明系统中有哪些元素，并不足以确定一个系统，还必须指出这些元素之间有着怎样的联系，这样才能使系统本身明确起来。

系统结构的复杂性可由变异度来表示，变异度是系统的可能状态数，它由系统内部不同元素和它们之间各种联系的总和来衡量。现举由5个元素组成的系统为例来说明。图2.1.2表示系统由两种不同的元素组成，它们之间没有联系，系统的变异度为2，即p和q两种情况。图2.1.3表示系统由5种

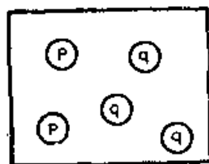


图2.1.2
变异度为2的系统

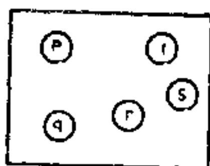
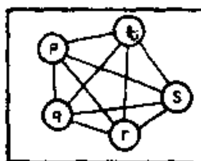


图2.1.3
变异度为5的系统

不同的元素组成，它们之间没有联系，系统的变异度为5，即p，q，r，s和t等五种情况。图2.1.4表示系统由5种不同的元素组成，它们两两之间有无方向性的联系（即qp等于pq，以此类推），系统的变异度为10，即pq，pr，ps，pt，qr，qs，qt，rs，tr和st等十种情况。图2.1.5表示系统由5种不同的元素组成，它们两两之间有双向联系（即qp不同于pq，以此类推），系统的变异度为20，即pq，pr，ps



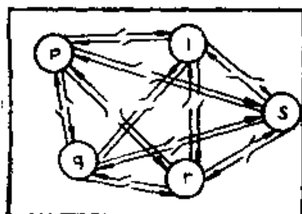


图2.1.4
变异度为10的系统

图2.1.5
变异度为20的系统

pt, qp, qr, qs, qt, sp, sq, sr, st, tp, tq, tr, ts, rp, rq, rs和rt等二十种情况。图2.1.6 表示系统由 5 个不同的元素组成，每个元素与别的元素

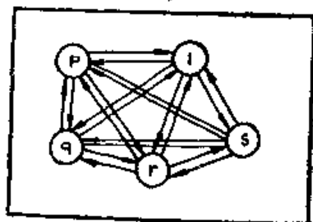


图2.1.6 变异度为 2^{20} 的系统

有两种可能的联系状态，即有联系和无联系，这样每个元素与其他四个元素的联系共有 2^4 种可能状态，整个系统的联系则为 $(2^4)^5 = 2^{20}$ 种可能状态，变异度为 $2^{20} = 1,048,576$。

（3）系统的环境

根据系统与环境有无关系，可以把系统分为封闭系统和开放系统两类（见图2.1.7所示。）

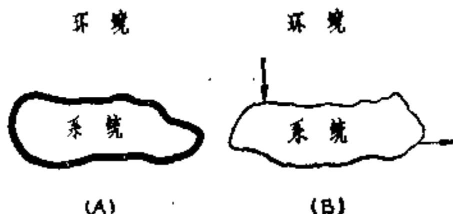


图2.1.7 (a) 封闭系统，(b) 开放系统

现代社会中的经济系统大多是开放系统；而传统社会中的经济系统就有很多是封闭系统，闭关锁国的传统经济、自给自足的小农经济都属此列。当人们进行某种经济政策的试点活动时，也尽量使试验区域或场所成为封闭系统。

（4）系统的边界

边界是把系统和环境分割开来的假想的线，它并不是严格不变的。例如，若以某企业及其活动作为一个经济系统，则系统主要包括的是劳动力，资金，工地（厂房），原材料和设备等；环境主要包括的是用户，竞争者或合作者，政府法令，社会舆论，生态以及技术水平和力量等。这些因素究竟划归系统还是划归环境，或者划归的比例有多大，要依所解决的问题而定。这就是说系统的边界并不是恒定的（具体情况请参见图2.1.8）。例如，对于技术水平和力量来说，在考虑投入－产出率时主要应划归系统，而在考虑科学技术对经济发展的影响时则主要应划归环境。

（5）系统的稳定性与适应性

稳定性是关于系统行为的重要概念，它描述的是系统的行为特征的确定性和抗干扰能力。

适应性是系统为响应其环境变化而具有的学习

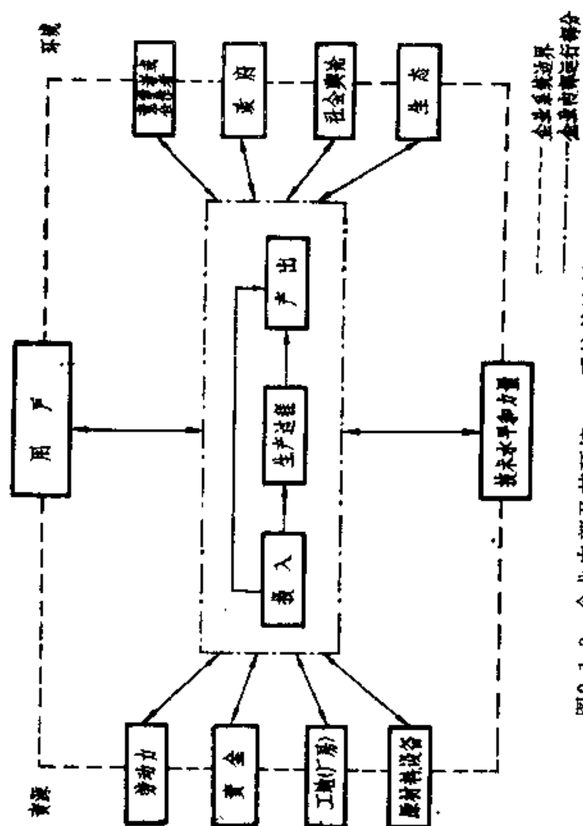


图2.1.8 企业内部及其环境——系统的边界

能力和改变内部运行机制的能力。

在变化较少或变化方式固定的环境中，集中性和刚性较强的系统具有较好的适应性。在变化较大

或变化方式多样的环境中，分散而有弹性的系统具有较好的适应性。凡适应性强的系统就易于维持并发展。例如，在国民经济各部门发展比较平衡时，就每个部门而言，它的外部环境比较稳定，一般来说，采取较集中的管理方式、以更多的指令性计划来安排各组成部分的活动是有益的。相反，当各部门发展不平衡时，尤其是在因调整经济结构而发生较大变动时，每个部门的外部环境都处于较复杂的动态之中，一般来说，这时采取较分散的管理方式、以更多的指导性计划来安排各组成部分的活动则是有益的。

（6）系统的行为和功能

系统的行为就是在给定期间内系统中所发生的有关过程的集合。

研究系统的行为有两种方法：

宏观方法——把系统作为某一更高系统的一部分，只研究系统的输入和输出而不计其内部结构。这种方法也就是把系统当作“黑箱”①来处理。

微观方法——研究系统的内部结构（其组成元素和各种联系），研究元素的功能（元素的输入和

①简单地说，“黑箱”就是不知道（或毋须知道）其内部状态和结构，而只了解其外部特征和作用的实体（或模型）。

输出）。

例如，在制定社会-经济的发展规划时，不必考虑每个部门或企业内部的具体运行状况，而只要考虑经济效益方面的问题(投入多少、产出多少)，这就属于宏观方法。如果要制定经营责任制的政策，则必须涉及部门或企业内部的具体运行状况，这就要运用微观方法。

系统行为的变化一般有三种情况：

a.对环境的某一刺激（变化）的反作用；

b.对环境的某一刺激（变化）的响应（这种响应并不反作用于环境）；

c.不由外部环境引起的自发活动。

系统的功能是系统作为整体所表现出来的行为集合。所以，描述功能的方法也就是描述行为的方法。在系统论和控制论中更多的是用输出和输入及两者之间的关系来描述。

由上面关于行为、功能和结构的描述，不难理解结构和功能之间存在着密切的关系。这正是经济控制论分析方法的基本出发点之一。

2·2 系统概念的特性

系统这个概念具有相对性、抽象性和模型性。

（1）系统概念的相对性

所有的研究对象都可以看成是系统，但根据研究的目的不同，看问题的角度不同，分析的方法不同，同一研究对象可以作为不同的系统要素，具有不同的系统特征，这是系统概念的相对性。最典型的是：在某时和某种场合下，某一事物可以看成是一个系统，而在他时和他种场合下该事物只能看成是另一系统的元素或子系统。例如，对于某个企业来讲，如果分析其投入-产出或内部管理等问题，则必须把它看成是一个系统；在分析该企业与其他单位的关联（最基本的是其原材料、资金、技术、劳力的输入及其产品的输出）时，就要把该企业看成是计划和流通过程中所涉及到的一切有关单位构成的大系统中的一个子系统；而在对企业所属的整个生产部门作规划时，往往把该企业看成是该生产部门的一个元素了。

既然系统的概念具有相对性，在分析具体系统时就必须确定其等级区域，也就是指出该系统所辖

范围和确定该系统的基本元素。系统的每个基本元素都是被研究对象所具功能的承担者。通常以“黑箱”原则来看待元素，即在研究元素的行为时只计其输入和输出两者间的关系，元素的状态只体现为一定的性质而不必考虑其内部的关系结构。

从系统概念的相对性出发，我们可以把复杂系统定义为具有多级递阶结构的系统。所谓递阶结构就是每一系统由第一级的元素构成，第一级元素又可作为系统而由第二级的元素构成，由此类推，形成多级结构。每一级元素作为系统时都具有系统的定义性特性。经济系统往往都具有递阶结构。

（2）系统概念的抽象性

任何系统的概念都代表具体的客观事物，代表组成该事物的各组成部分、各组成部分之间的联系以及其中发生的各种过程。这一切都是实际的，客观的，具体的。但是系统的概念本身又具有抽象性。这就意味着系统的概念所反映的不是事物所有组成部分的集合，也不是其中所有联系和行为的集合。系统概念的抽象性就在于，按一定的目的和要求选择事物的具有一定属性的特定组成部分（以及其特定的联系），来作为系统的执行特定功能的元素，而忽略事物的其他属性和组成部分。这也就是

说，由认识的目的性产生了对研究对象诸多因素的选择性，因此也就产生了系统概念的抽象性。

例如，若把企业作为系统，车间作为元素，则在规划企业的活动时，所选择的属性是车间的生产设备，工作面积，工人数量，工资基金，它们之间的联系为企业的技术经济活动所决定。至于工人个人的禀赋，工会组织的规模都不必考虑。

此外，在指明系统的等级区域方面也体现了系统概念的抽象性。因为这是按照某种要求、某种目的和某种认识程度来作选择的。

（3）系统概念的模型性

模型方法本身是人类认识上的最古老、最基本也是最普遍的方法。严格地讲，逻辑思维活动所依据的最基本的元素——逻辑符号（无论是语言符号、文字符号还是图形符号、数学符号）都是概括在某些概念体系中的。它们或具体地构成某种普通语言，某种框图、图表、公式、方程式的语言，或具体地表示某种样品、机械或装置的形式，而所有这一切又都可以概括在一个统一的概念——模型中。

具体地说，如果在两个对象之间可以建立起某种相似性，那么，这两个对象之间就存在着原型-

模型关系。这种原型-模型关系是建立模型的前提。这一前提本身就具有相对性，它取决于建模的目的，取决于对相似性程度的要求。

系统本身也正是以研究对象为原型的一种模型。这就是系统概念的模型性。把一个系统和另一个系统对照起来，如果在两者的元素之间、在两者的内部联系之间、在两者对外部环境的联系之间具有部分的或全部的对应关系，那么，可以说这两个系统之间具有原型-模型关系——这就是原型-模型关系的定义。对应关系可以是部分的，也可以是全部的；可以是同态对应，即系统的多个元素或多个联系与另一系统的一个元素或一个联系相对应；可以是同构对应，即两个系统的元素和联系严格地一一对应。

从系统论的角度看经济系统之间的相似性，最重要的是经济行为的相似性。由此可以建立经济系统的动态模型。

用模型研究客体的方法称为模拟。借助模拟来研究的对象，可以是具体的也可以是抽象的，可以是现实的系统也可以是设计的系统，可以是发生的过程也可以是设想的过程。

模拟通常有如下几种方法：

a.几何模拟方法。这就是以实物模拟对象的方法。它直观地给出研究对象的空间形式、其外观以及其组成部分之间的联系和相互作用。例如，农业的区域规划模型，工厂建设模型，水利、交通模型等，用的都是几何模拟方法。

b.物理模拟方法。这是模拟系统实际行为和过程的方法。

c.功能模拟方法。这种方法的模型可以采用示意框图，符号图式，公式，方程式。在研究实际的经济管理中大量采用这种方法。

d.逻辑-数学模拟方法。这种方法是以数学和逻辑为工具来实现信息模拟的。它不仅要使用符号（字母、数字）及其关系和次序（公式、方程式、不等式），而且往往还要借助计算工具，如电子计算机。

利用模型方法来分析和管理经济活动，其精确性和科学性取决于模型所反映的实际经济过程、经济系统各参数之间的联系、各外部条件的制约关系以及所使用的信息的可靠性、客观性和精确性。

2·3 系统论和系统的描述

1.系统论中有关系统的主要观点

系统论对于系统的观点，部分地采自于热力学原理，部分地来自于行为科学，部分地从控制理论引伸。但它们都"麇集"于系统论的大旗之下，形成有关系统的统一观点，主要可以概括如下：

（1）以相互作用和相互依存的观点看问题。

（2）重视系统的行为过程，即从行为和功能的角度来确定系统的元素及其联系。简言之，这就是只问系统在做什么，不问系统是什么。同时，为了更好地把握系统的功能和行为，也注重对系统的结构进行分析。

（3）一般以某种研究目的来考察系统。确定系统的等级区域、系统的元素和联系等方面的具体内容都与这种研究目的有关。

（4）系统的功能（或行为）可以表为输入到输出的关系式，而把系统看作是一定输入向量u到一定输出向量y的变换器，并可从数学上将这种变换器表为算子p的形式，表法如下：

$$y = pu$$

（5）任何孤立的系统都有自发达到最大的无序状态（最自然的状态）的倾向。

（6）系统趋向目标的行为是通过信息反馈，在一定的、有规律的过程下进行的。

（7）系统往往具有多级递阶结构，不同层次有不同的目标。

（8）系统通过其各组成部分的变化而得到发展，最后达到进一步的整合。这一过程既可以由外部所施加的影响来完成，又可以由内部的机制变化来完成。前者是一般控制过程，后者是自组织过程。

(9) 等价原则：系统某一给定的最终状态可以通过不同的方式、不同的途径达到。

(10) 系统的有序化过程往往是在开放的边界条件下进行的。

2.系统的一般描述

通常，根据所确定的目的，以反映系统内部的一定性质（统称为状态）的一组独立变量来描述系统。这一组独立变量称为系统的状态向量，表示为x或x_i（$i=1, 2, \cdots, n$），标量x_i为向量x的分量。分量x_i各自有一定的变化范围，所有分量的变化范围总体构成了系统的状态空间。每个分量对应于状态空间的一个坐标，它们可以取连续值，也可取离散值，分别对应连续的和离散的状态空间。分量的个数n称为状态空间的维数。系统的每个状态对应于状态空间的一个点，称为系统的描述点。系统的变化

反映为状态空间中描述点的运动，而系统的运动过程是对应于描述点的轨迹。

状态空间的选取决定于我们选择系统的哪些性质。对于一定的研究课题，有些性质能充分地反映系统的状态，有些性质则不能充分地反映，有些性质是独立变化的，有些性质则是不独立的。简单地说，对于一定的研究目的，可以独立而充分地反映系统状态的一组性质称为系统的完备性质，它们对应的状态空间就是相空间，相应的状态向量即是系统的特征向量，其中的各个分量对应于相空间的坐标基。所谓相空间就是这样的状态空间：在其中可以把系统的变化描述为互不相交的轨迹，即在相同的外部作用下，系统的每一个初始状态都唯一地确定一条系统的运动轨迹。本文以后所讲到的状态空间一般都指的是相空间。

3.经济系统的描述

经济系统可以用它的状态来描述。所谓经济系统的状态就是完整地描述该系统的行为所需的最小一组变量。如果给定$t=t_0$时刻该组变量的值和$t\geqslant t_0$时输入的时间函数，那么，系统在$t\geqslant t_0$的任何时刻的行为就完全确定了。由这一组变量组成的向量称为经济系统的状态向量，表示为$\mathbf{x}(t)$

$$\mathbf{x}(t)=(x_1(t),\ x_2(t),\ \cdots,\ x_n(t))。$$

经济系统的动态特性一般可表为n个一阶常微分方程构成的方程组：

$x_i=f_i(x_1,\cdots,x_n;u_1(t),\cdots,u_r(t);t)i=1,2,\cdots,n$其中$u_1(t)$，…，$u_r(t)$为输入向量u(t)的分量。方程组也可写为向量形式

$$\mathbf{x}=\mathbf{f}(\mathbf{x},\ \mathbf{u},\ t),$$

称为经济系统的状态方程。经济系统的输出特性，可表示为

$$y_j=g_j(x_1,\cdots,x_n;\ u_1,\cdots,u_r;\ t),\ j=1,2,\cdots,m$$

其中y_j是输出向量$\mathbf{y}(t)$的分量。方程组也可写为向量形式

$$\mathbf{y}=\mathbf{g}(\mathbf{x},\ \mathbf{u},\ t)$$

称为经济系统的输出方程。

由于经济系统往往是在一定的时间间隔下研究的，所以经济系统的模型往往是离散型的。离散型状态空间不用微分方程而用差分方程表示

2·4 系统分析方法

系统分析方法是用来解决复杂问题，对复杂系

统进行分析或设计的。因此，系统分析方法对于研究经济系统的许多问题，尤其对于研究经济管理问题，是非常重要的。系统分析是采用步步为营、层层展开的方法，有条不紊地进行的。在这种意义上，可以把系统分析过程比作高楼的设计过程。

1.系统分析的渊源——系统分析向社会-经济领域的进军

系统分析是在第二次世界大战期间发展起来的。当时美国空军面临着一个棘手的问题：如何从适应和平的状态转为适应战争的状态。具体地说就是：军用飞机的设计者们如果不能设想出飞机编队的队形和投入战斗时所使用的战略，就不能筹划出飞机武器装备的数量。这个任务交给罗伯特·麦克纳马拉所领导的“统计控制计划”小组去完成，他们首次运用了系统分析的方法。嗣后，兰德公司用这种方法来组织指导超音速B-52飞机的设计。从五十年代开始，系统分析方法从军事领域转向商业方面，进一步又转向工业生产和管理等方面。从此，这种方法就蓬勃发展起来，至今势头不减，已成为许多研究领域和活动领域所不可缺少的重要工具。而经济控制论无论在理论分析上，还是在实际应用上，都离不开运用系统分析的方法。

系统分析方法介于科学和技术之间，也介于理论和应用之间，因此它适应了二十世纪五十年代以来在社会-经济问题日益复杂的形势下的战略和决策方面的要求。

2，系统分析可以简要地归结为如下几个步骤：

（1）问题的辨识——系统地阐述所要解决的问题。主要有以下几点：

a.目标；

b.背景；

c.约束条件；

d.假说。

（2）调查和研究——考察和收集与问题有关的事实、资料和数据。为此要提出：

a.各种事实；

b.各种可能性；

c.各种可供选择的方案；

d.估计每种方案所要付出的代价以便权衡利弊。

（3）概念化过程——建立模型。这里的工作有：

a.采用近似方法，进行近似处理；

b.建立模型；

c.进行计算；

d.给出结果。

（4）诠释——根据计算结果对模型和原型作比较。需要提出：

a.各种未可限定的因素；

b.各种不能度量的因素；

c.以上各种情况的概率；

d.结论。

（5）证实——在实际过程中检定结论正确与否。按结论来进行小规模的实验。

（6）执行——将以上所得的结论应用于实际。

举例说明。从我国系统论、控制论专家宋健等所著《人口预测和人口控制》一书，可以窥见应用系统分析方法之一斑：

第一步，提出人口问题，进行背景介绍，指出人口所受的条件和环境的限制，并提出控制人口的目标和规划。第二步，根据人口发展的各种历史和现实的过程建立人口发展方程和模型。第三步，经过计算，对人口增长预测、性别比例、期望寿命等基本问题作出结论，并和实际情况作对比。第四步，提出人口发展的最优控制，从而具体提出人口

发展的规划和设想。

此外，人们在分析国家粮食总需求量和总供给量时也要运用系统分析方法，并由此建立粮食生产模型。无疑，这项工作的完成对推动国民经济的发展、对计划的制定都具有指导意义。

3.系统分析和科学决策

系统分析在科学决策方面有广泛的运用。科学决策的定义是：以数学、统计学、逻辑学、心理学的方法和技术来解决人类系统（组织）中的复杂决策问题。因此，科学决策和经济管理过程密切相关。

科学决策一般有如下的特征：

（1）采用组织理论，把系统当作有机整体；

（2）具有目的性，以目标来确定决策的方向；

（3）寻求最优化标准，在经济上就是最小成本和最大收益；

（4）建立数学模型，进行定量分析；

（5）进行可靠性分析——资料、数据和方法的可靠程度是模型有效性的重要因素；

（6）使用计算机，构成人-机系统。

从系统分析的角度来看科学决策的基本要素就

是：系统的目标，可供选择的方案，各种方案的代价，约束条件，整体模型，决策标准以及所采取的决策。

在科学决策中运用上述系统分析的步骤，按照当代著名学者西蒙关于决策理论的术语讲就是：

调查和研究的第一步和第二步是"情报活动"，即探查环境，寻找所要求的决策的条件；调查和研究的第三步和第四步是"设计活动"，即制定和分析可能采取的行动方案；整个概念化过程是"抉择活动"，即从可资利用的方案中选出一条特别行动方案；诠释和证实这两大步骤是"审查活动"，即对已选择的方案进行评价和检定。

2·5　系统的复杂性和控制论系统

1.系统的复杂性

按照系统内部活动的复杂性，也就是按照系统中元素之间各种联系的动态特征，可以把系统分为三类：

简单系统；

复杂系统；

特大系统，即超级复杂系统。

系统内部活动的复杂性和相应的物质运动层次直接相关。人类所构造的系统与人类的意识活动密切相关，它具有高度的复杂性。图2.5.1从宇宙系统开始逐次展示了系统的复杂性和物质运动层次的关系。

2.控制论系统的一般概念

控制论系统的一个特征是：在控制作用的影响下，它能改变自己的运动而进入某种状态。例如，在市场机制的作用下，商品价格可以按需求和供给的不同而变化，并使需求-供给关系在平衡线上波动。同时也可以说，在需求-供给的调节机制的作用下，价格在价值附近波动。

控制作用在某种意义上可以说是按一定目标对系统在状态空间中的各种可能状态进行选择，使系统的运动达到或趋近这些被选择的状态。因此，没有选择的可能性就没有控制。

控制论系统可以是简单系统，也可以是复杂系统或特大系统，但不管是简单还是复杂，控制论系统往往指的是具有反馈的系统，这种反馈体现在控制部分和受控部分的交互作用中。控制论系统的最简单结构如图2.5.2所示。控制论系统的递阶结构如图2.5.3所示。其中（a）或A_i是控制部分，（b）

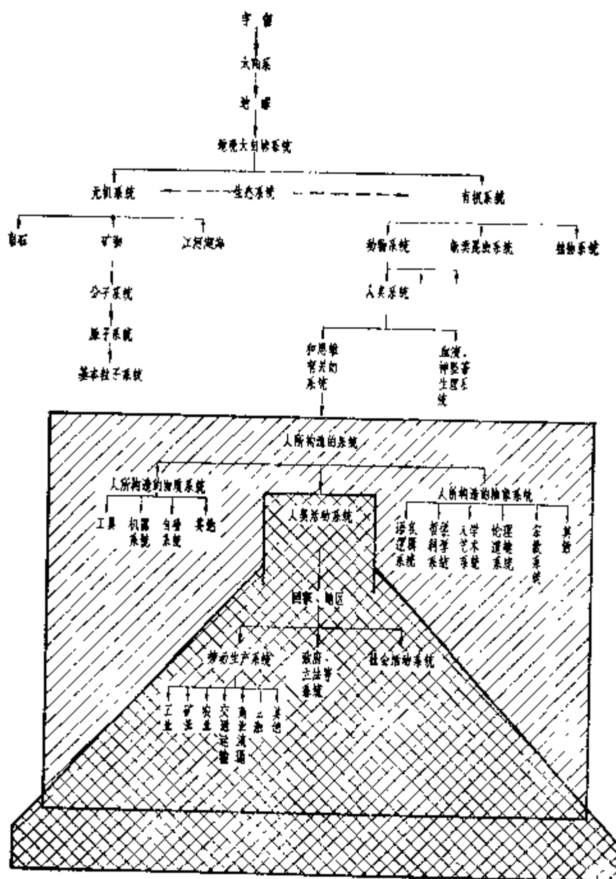


图2.5.1 自然系统和人类所构造的系统

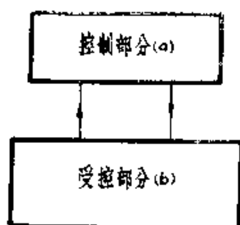


图2.5.2　简单的控制论系统

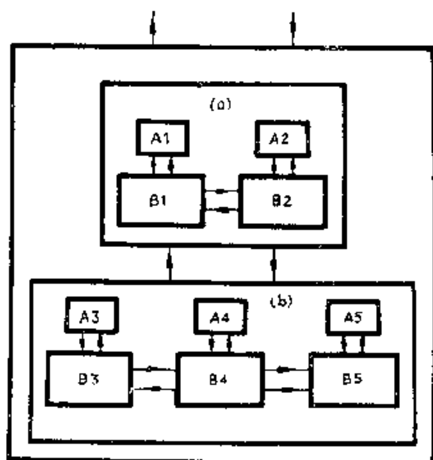


图2.5.3　复杂的控制论系统

或Bi是受控部分；箭头指示两部分间交互作用的途径。

3.有组织系统和可控系统

并非每个系统都是可控的。系统可控性常常要求该系统是有组织的，即存在着由它的组成元素及其联系形成的特定结构。有组织的系统并非是各自分立而无关的元素的复合体，其间存在着各种联系，同时各种联系之间存在着互相影响并形成了整体性的关系。系统的有组织性可以通过组织行为来表示。具有组织性或组织行为的系统在模型上往往具有如下特征：

（1）在输入方面：

a.具有任务性的输入；

b.输入是有序地排列的；

（2）在过程方面：

a.具有两种行为，即元素的个体行为和群体行为；

b.还具有协调这二者以达到某些目标的行为；

（3）在输出方面：

a.有总体目标及其实现的可能性；

b.各种输出具有有序性和相容性；

c.有整体的适应性；

d.有与环境作用的反馈机制。

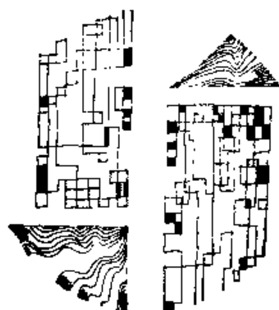
并非所有的有组织系统都是控制论系统，虽然

控制论系统都有一定程度的组织性。组织性只是控制论系统的必要条件。

此外，控制论所研究的系统都具有信息联系，并且在系统与系统之间以及在系统内各部分之间存在着信息链（或称信息流）。存在着信息链是控制论系统的又一必要条件。

第三章

信息、经济信息和信息传输



从申农和维纳开始，他们始终宣称信息论不涉及含义问题。……信息和含义虽然有关，但无疑是不同的：没有信息，不可能有含义；但没有含义，却能够存在信息。信息是无处不存在的，只有在发讯者和收讯者同时并存的情况下，信息才有含义。可是只有在确定了某个通讯系统的参考“坐标”的意义上，信息才能明白地定义。……收讯者的活动和决策，是收到消息带来的命令后才进行的，这样就排除了各种可能性的混乱，在这种意义上说来，有含义的信息是与熵相反的东西。

——彼得·卡洛《生物机器》

控制和信息直接相关。经济信息是经济控制论的基本概念之一。因此，我们要详细介绍信息概念并讨论与它相关的各种问题。

3·1 信息世界

“信息”这个名词，几十年前还是个冷僻词汇，是多数人不常碰到的专门术语。而今天，它却

成了许多学科的基本概念，并成为社交场合、日常生活中广为传播的时髦字眼。甚至，许多人已经开始用“信息时代”、“信息社会”来称呼我们当前的时代和社会了。

然而，说到“信息”，它究竟意味着什么呢？一般说来，它至少可以对应着三种不同的认识领域：

（1）在日常生活中人们所说的“信息”往往指的是一般涵义上的消息或情况（在英文中它们是同一个词information）。譬如，说“某某传来了新的信息”，其中的信息无外乎指消息；说“某某的报告废话连篇，没有信息”，意思是没有报道情况——但所有这些消息或情况，并不涉及量上的涵义。

（2）信息论上所用的“信息”，是个专门术语，它直接关系到系统(或事物)变异度的衡量——这项工作早在本世纪初即已开始，直到四十年代前后，申农和维纳才各自独立地确定了信息的严格定义和数量表示，而且他们的工作殊途同归。

（3）哲理意义上的“信息”是六十年代以来人们争论不休的焦点之一，关于信息的“本质”、“本源”等问题，迄今还众说纷纭。然而，维纳说过的“信息就是信息，既不是物质，也不是能

献”这句话现已作为名言被大多数学者承认。信息和物质、能量并列，是构成现实世界的三大要素之一。

因此，我们的世界既可以说是物质世界，也可以说是信息世界。

在经济领域中充满了经济信息。凡是有关经济活动的消息都是经济信息，如有关投入产出的各种经济要素及其相互关系的消息，有关经济过程的机制、经济效益、收入与分配的情况以及社会经济的目标和政策等等，都是经济信息。

经济信息在实际的经济活动中意义重大。资本主义社会的实业家和商人们互相竞争、角逐，在很大程度上靠的是及时掌握经济信息。公司经理只要看准了市场行情——有关商品的价格信息，就能在生意上大捞一把（否则就会输得精光）。活跃在证券交易所里的投机商们，并不全凭赌徒心理，他们多少得根据政治、社会、经济等多方面的信息来下赌注。在社会主义的计划经济中，经济信息及其传输具有举足轻重的作用。编制计划和制定政策的管理机构要通过各方面反馈的经济信息（从资源到入口，从投资到就业，从效益到税收，从生产到流通，从技术到开发等等）来控制各部门的生产，而

且控制正是通过政策——指令等经济信息形式来实现的。各生产部门还可以在一定范围内或一定程度上通过价格和收入的信息，通过供求关系的信息来自行调节（或作为计划控制的一种补充手段），力求平衡。所有这一切只有在充分获得准确的经济信息的基础上才能顺利进行。严重的信息失真或信道壅塞，都会带来灾难性的后果。

为了说明这个道理，我们就在下面几节，进一步介绍有关经济信息及其传输等问题。

3·2 信息和熵

为了给信息下一个严格的数量化定义，我们还是从通常的说法开始。当我们说“猪肉涨价了”，“涤纶降价了”，或者说“蔬菜供应紧张”，“粮食供应过剩”等等诸如此类的话时，我们是在传输种种经济信息。仔细推敲，我们可以发现在这些经济信息中都含有两个必不可少的要素：

一是和某种事物，尤其是和状态发生变化的事物有关；

二是对这种状态变化有一个从不知到知，从不确定到确定的过程。

$N=2^x$

$y^N=y^x$ $\lg N = x\lg y$ $x=\log_y N$

由此，我们可以进一步说，信息涉及到某个（或某些）有多种可能状态的系统（或事物），同时还涉及到系统从不确定的多种可能状态中确定某种（或某些）状态。

信息的一般数量表示是：若系统有n种可能状态x_1，x_2，…，x_i，…，x_n，它们出现的概率不同，各为$p_1, p_2, \cdots, p_i, \cdots, p_n$，则我们可以根据信息的"对不确定性的解除"涵义来对它加以量化；而系统的不确定性在数量上可以用熵H来表示，定义

$$H=-\sum_{i=1}^{n} pi \quad \log \quad pi①, \quad \sum_{i=1}^{n} pi=1$$

于是我们有

（有关系统状态的消息中所含的）信息量＝（系统状态的）不确定性的消除量＝系统状态原有的熵－系统状态确定后的熵，

由于系统在一般情况下确定的是唯一的状态（此时熵为0），即

$$信息量=H-0=-\sum_{i=1}^{n} pi \quad \log \quad pi。$$

---

①对数的底数可以有多种取法。本文取2为底，对数单位称比特（bit）。

3·3 对约束的描述——信息效率、剩余度和自由度

当经济系统的所有可能状态出现的概率相同时，系统的熵H达到最大，记为Hmax

$$Hmax = \log^{n}$$

由于在实际上经济系统有可能受到各种约束，这时它的各种可能状态出现的概率不会完全相同（这意味着系统更容易束缚于某些可能的状态中，而不容易处于另一些可能的状态），因此系统的实际熵

$$H \leqslant Hmax$$

我们将实际熵与最大熵之比称为信息效率，记作E，

$$E = H/Hmax$$

信息效率反映的是经济系统不受约束的程度。E满足 $0 \leqslant E \leqslant 1$。E越接近1，系统越不受约束。$E = 1$时，系统完全不受约束，即可以任取其各种可能的状态。反过来，我们可以定义R为剩余度，

$$R = 1 - E = \frac{Hmax - H}{Hmax}$$

剩余度反映系统受约束的程度。R满足 $0 \leqslant R \leqslant 1$。R越接近1，系统就越受约束。$R = 1$时，系统完全被束缚在一种状态上，即系统只有一种完全确定

的状态。

与系统受约束相关的还有自由度概念。对于不受约束的经济系统来说，它的自由度等于它所有可能的状态数，而对于受到约束的经济系统来说，它的自由度小于它所有可能的状态数。从传输信息的角度来看，一个受约束的系统可以由另一个自由度与它相同而不受约束的系统来替代，它们在传输信息的能力上是等价的。

信息效率可以用来反映市场机制的作用或完全竞争的程度（竞争水平）。竞争越平等，表现为信息效率E就越高。例如，某地有四个社队企业，生产同类产品，而当地有二个经销公司收购这类产品，假定每一个社队企业的产品只卖给一家经销公司，那么，在产销关系上（或者说产销系统），共有2^4种可能的情况（或状态）。如果完全自由选购、自由推销，也就是各种状态出现的概率完全相等，那么最大熵

$$Hmax = -\sum_{i=1}^{16} pi \quad \log \quad pi, \quad pi = \frac{1}{16}$$

$$= 4 \text{ bit。}$$

如果对于买方选择卖方或对于卖方选择买方有某种

限制（如某企业和某公司签订长期合同或联营，又如某企业和某公司建立私人关系成为“关系户”，此外，计划经济或统购统销也可以造成某种限制），则各企业、公司的买卖机会不相等，造成有些状态出现的概率为零，有些状态出现的概率变大或变小，这样，实际熵就会小于最大熵。例如，有六种状态不会出现（概率为零），有二种状态的出现机会增大（如概率为 1／4），还有八种状态出现的机会保持不变（概率为 1/16），于是实际熵

$$H=-2\times\frac{1}{4}\times\log\frac{1}{4}-8\times\frac{1}{16}\times\log\frac{1}{16}=3\text{ bit}$$

因此，该经济系统的信息效率

$$E=\frac{H}{H_{max}}=0.75$$

剩余度

$$R=1-0.75=0.25$$

如果束缚得更紧一些，例如，有12种状态不出现，有一种状态出现的概率为 1／2，另一种状态为 1／4，其余二种均为 1／8，则实际熵

$$H=-1\times\frac{1}{2}\times\log\frac{1}{2}-1\times\frac{1}{4}\times\log\frac{1}{4}-2\times\frac{1}{8}\log\frac{1}{8}$$

$$=1.75\text{bit}$$

信息效率

$$E = 0.4375$$

剩余度

$$R = 0.5625$$

显然，这一经济系统较之前一经济系统，竞争水平低，市场机制差。

图3.3.1表示了某个有两种可能状态(x_1、x_2)的经济系统，它的信息效率E和剩余度R与两种状态(x_1, x_2)出现概率(p_1, p_2)的关系。如果对于经济系统的约束主要是来自计划经济的控制，如采取统购统销，限制价格，分配原料，定额生产等措施，那么，剩余度就可以用来反映控制的强弱，或者

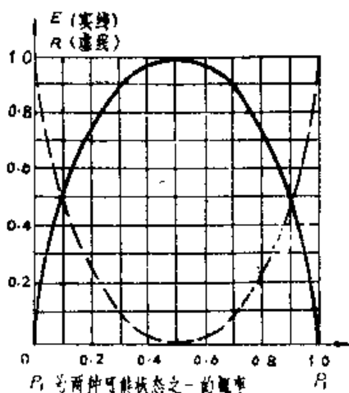


图3.3.1 信息效率、剩余度与状态概率的关系

按俗话讲，“卡得紧不紧”，而信息效率则反映“放得松不松”。

3·4 信息传输的方式——编码和译码

信息反映了系统状态的不确定性的某种变化，而信息从信源系统（即发出信息的系统）传输到收信系统（即接收信息的系统）是变异度的“传输”。但是这并不意味着真有某种“热质”一类的“信质”在递送，而是信源系统的可能状态集对应了传输系统(信道)的可能状态集，而传输系统的可能状态集又对应了收信系统的可能状态集，于是在这种对应过程中，信源系统的变异度被“传输”了。我们把前一种对应称为编码，后一种对应称为译码。我们把通过一种变异度了解另一种变异度的过程叫传递消息，把体现消息的物质载体叫信号。可以用集合论的符号表示编码和译码过程。

设信源系统的状态集为$X=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$，信号表示的消息集为$X'=(x_1', x_2', \cdots, x_n')$。对应就是变换，用变换算子T表示，它的逆算子为$T^{-1}$。编码过程就是

$$X'=TX$$

译码过程就是

$$X = T^{-1}X'$$

信息论告诉我们一条普遍定律：对于一个封闭体系来说，变异度在传输过程中只会减少，不会增加；只有一一对应的变换，才可以使变异度不减少。信息论还告诉我们：原则上讲，只要在编码中不减少变异度，总可以找到合适的译码方式使消息完全传到。

在工程技术领域，人们设计了许多一一对应的编码、译码方式用来传输信息，例如，电话、电报、无线电通讯、光纤通讯，等等。然而在经济领域中，信息的传输很难有电报编码、译码那种简单的方式，而且往往找不到严格的一一对应变换。我们只能说，越接近一一对应的程度，经济信息的传输就越好。以下举例说明。

例1：实行厂长责任制，把厂长的收入与经济效益对应起来，在经济效益持平时，厂长工资不变；效益高，有奖；效益低，有罚。这时，厂长的收入有三种状态，记为C_1、C_2、C_3。如果经济效益的高低不止三种情况，譬如有九种，M_1，M_2，…，M_9，则由（C_1，C_2，C_3）无法和（M_1，M_2，…，M_9）作一一对应的变换（见图3.4.1）。把效

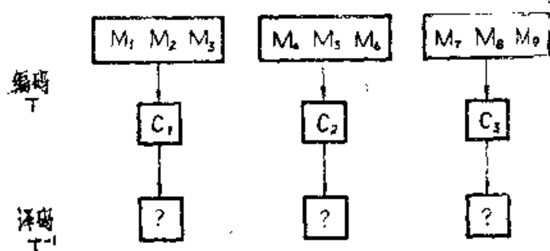


图3.4.1 厂长责任制的管理系统

益分为上中下三类，分别和厂长收入对应起来，这种编码的结果是没有可逆的译码，只能从厂长收入中大致粗略地判断经济效益，更细的就分不清了。在这种传输系统中，经济杠杆只起了有限的作用，还必须辅之以行政工作和思想教育工作（前者通过升迁，后者通过觉悟和责任心），否则生产好到一定程度就不会更积极主动想办法（反正奖金就那么多），生产坏到一定程度就干脆撒手不管，等着挨罚（反正只罚一定数量）。

例2：在农村实行的包干到户责任制中经济效益和实际收入两者就有较好的一一对应关系。因此，从经济信息的传输来看，在可以按户进行生产的条件下包干到户是一种良好的管理形式。

例3：利用指标体系向最高经济决策机构传输

有关国民经济发展状况的信息（见图3.4.2）。

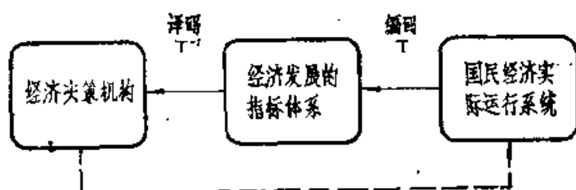


图3.4.2　传输有关国民经济发展状况的指标体系

如果只用两个简单的指标——国民总产值和人均收入来衡量经济的发展，则显然无法全面反映经济发展的实际状况（其中包括各方面的平衡发展，优势的发挥，潜力的发掘，从生态和资源等方面作全局性的长远考虑，以利于今后的发展，等等），更谈不上什么“一一对应”地传输真实信息。如果指标体系照顾多方面的因素，采用诸如国民总产值、人均收入、工资指数、物价指数、单位资金产生的利润、消费系数、投资额、主要产品的产量、基尼系数以及智力开发投资额等指标，构成指标向量，则它与实际发展的“对应”程度就吻合得多，由此而输入的有关国民经济发展状况的信息就有助于决策机构制定正确的发展战略、采用各项合理的政策。

例4：我国目前对工业企业的经济效益，是按

十六项主要指标进行评价的。它们是：工业总产值和增长率，主要工业产品产量完成计划情况，主要工业产品质量稳定提高率，主要工业产品的原材料、燃料动力消耗降低率，工业产品销售收入和增长率，工业企业实现利润和增长率，工业产品优质品率，每万元产值消耗的能源和降低率，工业企业上交利润和增长率，工业企业产值利税率和增长率，工业企业定额流动资金周转天数和加速率，工业企业产成品资金占用额和降低率，可比产品成本降低额和降低率，工业企业全员劳动生产率和增长率，工业企业职工重伤、死亡人数和降低率。这些指标构成了指标向量，传输工业企业经济效益方面的信息。一般来说，它们能比较全面地反映企业本身的工作状况。但是由于它们没有触及宏观经济上的各部门之间的关系，没有触及计划经济中的价格体系问题，所以还不是比较、衡量各企业的实际运行状况的最合理尺度。也就是说，以这种十六项指标为编码、译码的信息传输体系虽然在整体上能反映工业的全貌，但不易反映工业发展的内在机制，不易反映工业系统的内部结构的状况。为此，就应采用其他一些信息通道作为补充，例如“相关因素考察法”，“综合分析考察法”，“增量分析考察

法”和“动态分析考察法”①，它们都对应着某种信道和某种传输经济效益信息的编码、译码法。

3·5 信道的传输能力和信息序列的输码定理

我们把信道的信息容量称为信道的传输能力，这也就是信道通过一次传输过程可以传输的最大信息量。根据信息论可以知道，传输能力较小的信道，只要增加传输的次数仍能传输较大的信息量。设信源系统为Q，它有数量为N的信息量要传输给收信系统P。信息传输要通过信道R，其信息容量（传输能力）为ρ（见图3.5.1）。当信道比较小时，ρ《N，这种传输系统要把数量为N的信息量全部传输到P，必须经过多次传输，至少为N/ρ 次。

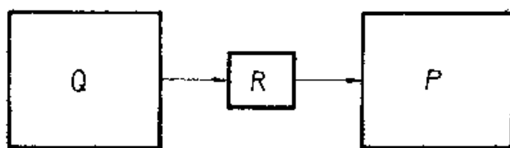


图3.5.1 小信道传输大信息量

一般地说，信源系统较大的信息量通过较小的

①参见戴园晨所撰《评价经济效益的几种方法》一文，载《人民日报》1983年4月18日。

信道全部传输到收信系统，有三个条件：

（1）信道在编码过程中必须实行一一对应的交换；

（2）必须经过多次传输；

（3）信源系统所要传输的信息量不再增加。

第（1）和第（2）个条件都是必要条件，第（3）个条件虽然不是必要条件，但很重要。如果第（3）个条件不满足，上述推论就不能普遍成立。在实际的经济过程中，信源往往持续不断地发出信息。在这种情况下，就要运用信源序列的编码定理——它给出在信源不断输出信息时要使信道在编码和译码中不产生信息损失的必要条件。

信源序列的编码定理是：用一个字符表与系统的可能状态数对应起来，若系统在一定期间内确定过n个状态，就用字符表中相应的n个字符按先后次序排成字符序列（称为信息序列）与之对应，设信源序列为定长n，信号序列为定长m，而信源系统状态的平均熵为H（u）①，构成信号的字符个数（即信道的可能状态数）为M，那么，不产生信息损

---

①平均熵的定义：

假定系统可取状态为$S_1, S_2, \cdots, S_m, \cdots, S_n$，每一状态转移（变换）为其他状态的概率由转移矩阵表示：

失（即保证编码和译码能够一一对应）的必要条件为：

$$\frac{m}{n}\log M \geqslant H(u)$$

如果取m为单位时间中信号序列的定长，即信道在单位时间内传输了m次，则信道在单位时间可传输的信息量为mlogM，称为信息通道的容量。因此，信源序列编码定理可以表述为：信道容量只有

	S_1	S_2	$\cdots S_m$	$\cdots$	S_n
S_1	p_{11}	p_{21}	$\cdots p_{m1}$		p_{n1}
S_2	p_{12}	p_{22}	$\cdots p_{m2}$		p_{n2}
$\vdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
S_m	p_1m	p_2m	pmm		pnm
$\vdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
S_n	p_1n	p_2n	pmn		pnn

每一状态S_m在转移时的熵为

$$Hm=\sum_{k=1}^{n}p_{mk}\log p_{mk}$$

设系统出现每一状态S_m都有一定的概率q_m，也就是说，当系统处于动态平衡时它的状态分布为

S_1	S_2	$\cdots$	S_m	$\cdots$	S_n
q_1	q_2	$\cdots$	q_m	$\cdots$	q_n

其中$\sum_{m=1}^{n}q_m=1$。

大于信源在单位时间内输出的信息量，才可能在传输中不产生信息损失。

根据信源序列编码定理，我们可以看到：如果经济效果的可能状态很多而且不断变化（即信源系统状态的平均熵H（u）很大），那么，可选择的价格和收入水平数M要足够多才能使经济信息在传输中不致产生错失。因为序列长度n或m都是在一定时期内确定的状态数目，所以当n很大（即经济效果变得很快）时m也必须很大（即价格和收入也必须相应地变得很快），才能避免信息损失。如果

则平均熵 $H(u) = \sum_{m=1}^{n} q_m H_m$

$$= -\sum_{m=1}^{n} q_m \sum_{K=1}^{n} p_{mk} \log p_{mk}$$

$$= -\sum_{m=1}^{n} \sum_{K=1}^{n} q_m p_{mk} \log p_{mk}$$

因此，平均熵反映的是系统的任一状态发生转移时的平均熵。信源状态的平均熵就是信源系统每输出一次信息的平均信息量，

H(u)很大而M很小，要使传输不失真就必须m很大，这就要求价格-收入系统非常灵活。

根据信源序列编码定理，我们可以判断是否可以完全采用农副产品集市的市场机制来调节农产品的生产。假设可以有8种不同的价格，即M＝8，农民出售产品后所得收入的平均熵（即收入的变异度）H（u）＝16，某一时期内收入变化6次，即n＝6，同期的价格变化8次，即m＝8。于是

$$\frac{m}{n}\log M=\frac{8}{6}\times\log^{8}=4<16=H(u)$$

所以这时单靠农副产品集市来调节农业生产是不行的，还必须用一定的行政方式来指导生产。如果要对农产品实行全面的市场调节，就必须打通各区域性的小型农副贸易集市，并让更多的农民转入流通领域以畅通流通渠道，这样M就会增大，m也会增大（这反映了价格变化的灵敏性增大），而H（u）和n都会减小（当供求趋近平衡时，收入会比较稳定，其变化和变异度都会减小），于是就有可能满足$\frac{m}{n}\log M\geqslant H(u)$。当然，这里我们是仅就农业经济系统来谈论可能性的；如果把整个国民经济的其他部门都考虑进去，还有许多问题需要解决。

3·6　经济信息的传输速率和传输效率

信道在传输经济信息时会受到内部或外部的干扰（如图3.6.1所示）。干扰源是随机的内部噪声和外部噪声，有时则是信道部件的故障。噪声和任何他种形式的信息并没有本质区别，它只是相对于一定的收讯者来说的。例如，某项经济政策实施后，其效果的信息反馈系统有时会出现这样的情况：按传递信息者的个人偏好（通常是下级向上级汇报）剔除了一些真实的情况，添加了一些臆断的东西——前者是编码上的问题（不是一一对应的变换），后者则带来经济噪声。在干扰的影响下，沿着信道传输的信息可能失真，甚至弄得面目全非。例如，那种一味迎合上级旨意的层层汇报，会把真情实况全部淹没在一片溢美的噪声之中。

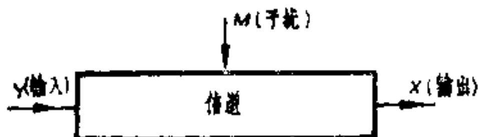


图3.6.1　信息和干扰

因此，如果噪声存在，则输出信号Y就不是输

入信号X的一一对应函数，而仅仅以概率的关系与之相联系。于是发生了这样的问题：怎样从一个已知的随机变量（输出信号Y）来定量地测量关于另一个随机变量（输入信号X）所取值的信息内容？为此，需要引入一个概念，即条件概率。

如果随机变量（输入信号）X取值X_1，X_2，…，X_n，随机变量（输出信号）取值Y_1，Y_2，…，Y_m则条件概率$P(X_i/Y_j)$就是当已知Y取值Y_j时X取值X_i的概率。无条件概率$P(X_i)$则是Y的一切可能值平均的条件概率

$$P(X_i)=\sum_{j=1}^{m}P(Y_j)P(X_i/Y_j)$$

其中$P(Y_j)$是y取第j个值的概率。值$P(Y_j)P(X_i/Y_j)$是Y取Y_j而X取X_i的概率，叫做事件(Y_j，X_i)的联合概率，记为$P(Y_j, X_i)$。

信号X的初始（验前）不确定性（熵）为

$$H(X)=-\sum_{i=1}^{n}P(X_i)\log P(X_i)$$

如果收到的信号Y明确地与发出的信号X有关，则收到这个信号的不确定性就完全消失，于是就得到

一个信息量等于H（X）的信息。然而，实际上，在信道的输出信号Y与输入信号X之间只是以概率关系相联系时，当收到一个信号Y_j（比如）之后，真正已发出的信号X的不确定性就变成了

$$H(X/Y_j) = -\sum_{i=1}^{n} P(X_i/Y_j)\log P(X_i/Y_j)$$

因为这时只有X的各种值的条件概率$P(X_i/Y_j)$才是已知的。

收到的信号Y能以概率$P(Y_1)$，…，$P(Y_m)$取任何值Y_1，…，Y_m，因此如果收到的信号是已知的，所传输信号的平均不确定性就等于

$$H(X/Y) = -\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} P(Y_j)P(X_i/Y_j)\log(X_i/Y_j)$$

这就是已知随机变量（输出信号）Y时随机变量（输入信号）X的条件熵。条件熵只能小于或等于无条件熵

$$H(X/Y) \leqslant H(X)$$

用条件熵可以描述经济信息传输中由于干扰（噪声）造成的信息损失。只有$P(X_i/Y_j) = P(X_i)$时，即X和Y为完全不相干的独立变量时，上式等号才成立，这也就是说，信息完全被噪声淹没了。

在有条件熵时，信道中实际传输的信息为

$$I(X, Y)=H(X)-H(X/Y)$$

$$-\sum_{i=1}^{n} P(X_i)\log P(X_i)$$

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} P(Y_j)P(X_i/Y_j)\log(X_i/Y_j)$$

I(X，Y)称为信道的信息传输速率。信道的信息传输速率与信源的信息容量H(X)之比叫传输效率，记为P，则

$$P=\frac{I(X, Y)}{H(X)}=1-\frac{H(X/Y)}{H(X)}$$

把$\frac{H(X/Y)}{H(X)}$记为Q，称Q为信道传输信息的错失率，通常$0<Q<1$。P也可以称为信道传输信息的可靠度，通常$0<P<1$。

用上述概念可以解决许多经济问题。例如，以经济效益来衡量管理水平，经济效益可以用效益向量Y表示，管理水平可以用管理向量X表示。整个系统可以看作是由输入信号X和输出信号Y组成的信道系统。传输效率越高，说明以经济效益来衡量管理水平的准确性越高。设Y有二个分量y_1，y_2，分别对应数量方面和质量方面的经济效益情况；设X有三个分量x_1，x_2，x_3，分别对应主要负责人的领导水平，领导班子的协调水平和个人发挥作用

的平均水平。假定

$$P(x_1)=\frac{1}{2}, \quad P(x_2)=\frac{1}{4}, \quad P(x_3)=\frac{1}{4},$$

它们代表各分量在影响管理水平上的权重。假定

$$P(y_1)=P(y_2)=\frac{1}{2},$$

说明，对效益来说，质量方面和数量方面是同等重要的。此外，假定P (x_i/y_j)如表3.6.1所示。

表3.6.1

经济效益	y_1			y_2		
管理水平	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
$P(X_i/Y_j)$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	0

则信息源的熵

$$H(X)=-\frac{1}{2}\log\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\log\frac{1}{4}-\frac{1}{4}\log\frac{1}{4}=1.5\text{bit}$$

条件熵

$$\begin{aligned}
&H(x/y)\\
&=-\Big[P(y_1)\sum_{i=1}^{3}P(x_i/y_1)\log(x_i/y_1)\\
&\quad+P(y_2)\sum_{i=1}^{3}P(x_i/y_2)\log(x_i/y_2)\Big]\\
&\quad=-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{8}\log\frac{1}{8}+\frac{1}{16}\log\frac{1}{16}+\frac{1}{2}\log\frac{1}{2}\right)\\
&\quad\quad-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{4}\log\frac{1}{4}+\frac{1}{16}\log\frac{1}{16}+0\right.\\
&\quad=0.9375\ \text{bit}
\end{aligned}$$

信息传输效率

$$I(X, Y)=H(x)-H(X/Y)=0.5625\text{bit}$$

信道可靠度

$$P=\frac{I(X,Y)}{H(X)}=0.4417$$

信道错失率

$$Q=1-P=0.5583$$

3·7 信道的并联和串联

经济信息的传输，可以由数个信道系统联合进行，联合方式有串联（见图3.7.1）和并联（见图3.7.2）。它们构成复杂的经济信息传输系统。



图3.7.1 信道的串联

信道串联时，总信道的传输效率等于各子信道传输效率的乘积：

$$P=\prod_{i=1}^{n} p_i \qquad i=1, 2, \cdots, n$$

信道并联时，总信道的错失率等于各子信道错失率的乘积：

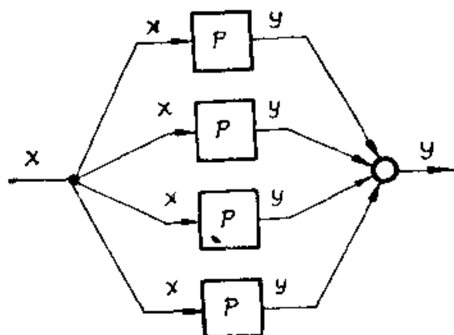


图3.7.2 信道的并联

$$Q = \prod_{i=1}^{n} p_i \qquad i = 1, 2, \cdots, n$$

因此，并联时总传输效率和子传输效率的关系为

$$P = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - p_i)$$

上述这些式子的涵义是：在信道串联时，一个信道产生错失会影响全局；而在信道并联时，只有全部信道都产生错失才会使信息传错，也就是说，只要有一个信道不错，信息就不会传错。并联的优点在于它有备用元件起保险作用，缺点是经常有许多元件空闲；串联的优点和缺点与并联正好相反。

在社会-经济高度发展、社会分工日益复杂的情况下，社会-经济的大系统内具有各种各样的多级递阶子系统，其中信道的串联情况不断增多，这样，传输错失的机会也随之而增多。因此，应当适当地增加并联信道以作备用。

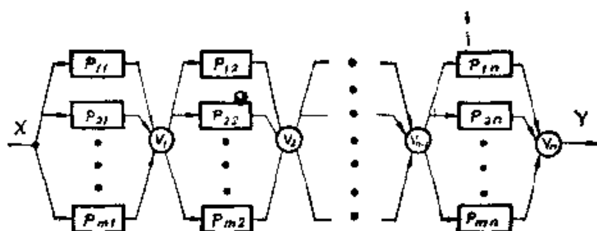


图3.7.3　信道串联和并联的一般方式

图3.7.3表示一个大系统信道串联和并联的一般方式。总信道有 n 个分信道串联，每个分信道（j）又各由m_j个并联的子信道组成。设第j个分信道中的第 i 个子信道的错失率为 q_{ij}，传输效率为 $P_{ij} = 1 - q_{ij}$。V 是选言算子，它的功能是在所有备用子信道中挑选工作子信道，当工作子信道失效时，则选取备用子信道顶替。第 j 个分信道的错失率为

$$q_j = \prod_{i=1}^{m_j} q_{ij}$$

它的传输效率为

$$p_j = 1 - \prod_{i=1}^{m_j} q_{ij}$$

因此，总信道的总传输效率为

$$P = \prod_{j=1}^{n} p_j = \prod_{j=1}^{n} (1 - \prod_{i=1}^{m_j} q_{ij})$$

若所有子信道的错失率取平均值q，各分信道所并联的子信道平均为m个，则

$$P = (1 - q^m)^n$$

经简单的对数运算，可得

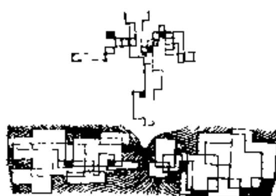
$$m = \frac{\log(1 - P^{\frac{1}{n}})}{\log q}$$

它表示在n步串联传输中，若已知子信道的平均错失率为q，则为了使总传输效率达到某一要求的P值，每步串联中平均应备用m个子信道。

本章一开始就强调指出控制与信息直接相关，有效的控制必须依靠反馈信息。因此，信息的传输效率是控制的至关紧要的问题。计划经济的政策指令信息的下达或政策效果信息的反馈，需要有效的信道作保证。如何排除经济噪声的干扰，如何建立有效的信息反馈通道、提高传输效

术，是国民经济决策部门需要经常解决的重大课题。在以市场机制进行调节时，生产部门和消费部门之间形成良性平衡的前提是在两者之间建立起有效的信道系统，即有效的价格系统、收入系统，等等。这里需要注意的是如何形成买方市场（使消费者控制生产者，或生产真正为消费服务），而又不引起无法控制的过大振荡。这一系列问题，在原则上，可以由H（X），H（X/Y），I（X，Y），P，Q等量及其关系式来回答。

第四章
控制、经济控制和控制方式




目的需要有实现自己的手段。……在有目的的活动中，终点即起点，结论即根据，结果即原因。有目的的活动是已生成的事物的变化过程，只有已经存在的事物才在这种活动中产生……

——黑格尔《逻辑学》

经济活动，主要是生产活动，它是目的性极强的最基本的人类社会活动。从有经济活动的那一天起，经济活动就与控制密切相关，只不过当时的控制方式过简、控制水平过低而已。同样，人们从研究经济问题的那一天起，同时也就开始了研究控制问题，只不过远不及当代控制论那样系统、准确和完善。经济控制论的创始人之一奥斯卡·兰格对此有一段很生动的描述："当莫里哀喜剧中的英雄，约旦先生被他的老师告知他在一生中说的都是散文时，非常吃惊。在经济学和控制论中也发生了

类似的事。从政治经济学开始发展起，经济学家们就从事了我们今天称之为控制论问题的课题的研究。经济学家们研究了由相关因子构成的过程的调节和控制过程，之后，这类问题在技术和生物学中也出现了，很久以后，这类问题才以一般理论形式形成一门新的科学——控制论。”①

4·1 目的性、控制以及经济控制

控制这一概念和控制的目的性是直接相关的，没有目的，就谈不上控制。对系统进行控制就是为了保证系统在变化着的外部条件下完成某种有目的的行为。广义地说控制的目的有两种：

（1）保持系统原有的状态，一旦发生偏离，就要使它复原；

（2）引导系统的状态使它变到一种新的预期的状态。

控制的这种广义的抽象的目的，在实际的控制过程中体现为狭义的具体的目标。目标可以是单一的，也可以是多重的，成系列的，有层次的。

①奥斯卡·兰格：《经济控制论导论》，中国社会科学出版社1981年版，第9页。

控制的目的或目标，可以由系统外部确定，也可以由系统内部确定。控制论中的目的是广义的，它一般有两层含义：（1）在行动前，已确定的方向中含有目的；（2）在行动中，正趋近的方向中也含有目的。并且目的在这种定向行为的控制过程中具体地表现为目标。至于如何确定这种或那种方向，为什么要趋近这种或那种方向，在控制论的目的概念中并不包含。

在自然系统中，生态平衡这个目的是针对目的的第二层含义而言的，但是一旦给它加上人的主观色彩并使它与人的主观努力相联系，它就有了目的的第一层含义。在经济过程中几乎处处都碰到目的或目标，而且它们往往都有两层含义。社会主义经济的目的性，根本上就在于最大限度地满足人们日益增长的物质和文化的需要。这种目的性贯穿在一系列的控制目标上。譬如，对于社会主义企业来说，就表现为它的控制目标的多重性上，它既要以完成计划定额为目标，又要以增加利润为目标，同时还要以兼顾与其他企业的相互协作为目标，等等。

经济控制论系统是由控制部分和受控部分以及它们之间各种经济信息的传输通道构成的。在这些信息通道上，控制部分所输出的和受控部分所输入

的，都是包含了某种经济目的的经济信息，而信息的反馈与经济目标的趋近直接相关——由此而实现了经济控制。

经济目的是对经济行为而言的，因此，经济控制是对经济行为的控制。通常以经济系统的输出和输入关系来描述经济行为，因此也以此来描述经济控制：经济控制就是通过调节受控部分（系统）的输入使受控部分的输出只在一定范围内变化（如果输出变量是连续的）或只取某些预期的数值（如果输出变量是离散的）。

4·2 经济控制的分级原则——集中控制和分散控制

对动态系统的控制通常是在外部环境极其复杂的变化中进行的，必须从外部环境中吸收大量信息，经过控制系统加工后再对受控系统进行控制。这时为了有效而便利地进行控制，需要采用分级控制原则。

在第二次世界大战后兴起的各种边缘科学中最饶有兴味的是仿生学。仿生学的一个重要方面就是模仿动物体的控制机制——其有效性、稳定性、简

易性和适应性都是一切人工设计的控制系统望尘莫及的。动物体的控制系统之所以有这些特性，最重要的原因是它具有组织严密、协调性强的多级递阶控制层次，体现了集中控制和分散控制的最理想的结合方式。从外部环境中进入动物机体的信息，绝大多数是由外围神经系统进行加工处理的，能够进入中枢神经系统的只是极少数涉及整个机体活动的信息。这些分级输送的信息，经过各级加工，形成指令，又返回各级机体以指导行为——这一过程也是按信息所达的各级，分别加以处理的。因此，动物体可以适应变化的环境。

社会生产的管理系统也是分级控制系统。随着生产过程日益复杂、劳动分工越细、技术协作越强、组织程度越高，分级管理体制也就越来越严密。借助经济控制论在这方面的理论和方法可以解决种种有关问题。如果复杂的生产管理系统没能以这种分级控制的观点来指导，轻则出现“帕金森定律”所说的那种机构膨胀臃肿、层次重迭、人浮于事而效率日减的现象，重则因信息壅塞、职责不明、上下扯皮而造成失调、混乱以致崩溃。

经济控制论关于分级控制的观点可以概述为如下三个方面：

1.一个分级控制的问题，可以划分为若干有分级结构的子问题。

2.分级控制在原则上可以分为集中控制和分散控制两类：

（1）如果在执行决策阶段，总问题的解仅由最上级子问题导出，即最后决策由最上一级的子系统作出，这就称为集中控制（或决策）。

（2）如果在执行决策阶段，总问题的解分别由各子系统分担，这些子系统具有较强的独立性，可以自由选择对总系统施加影响的大小，这就称为分散控制（或决策）。在分散控制中，最上一级往往只有结构形式上的意义，它只起一个子系统的作用，或在其下级各子系统间起协调作用。

集中控制和分散控制这两者之间没有绝对的分界，许多分级控制往往介乎这两者之间，兼有两者的特性，不过有所偏重罢了。

3.分级控制主要有如下几个特征：

（1）结构上的特征：由决策单元组成的体系是递阶结构的，它除最高一级外，每一级上均有若干单元平行地运行（见图4.2.1）；

（2）时间上的特征：级越低，时间尺度越短（如以月、日或小时计）；级越高，时间尺度越长

（如以季度、年度或数年计）。

（3）目标上的特征：与各级控制相应的有各级目标，它们组成一个目标体系。

（4）信息上的特征：信息的处理具有自上而下的优先次序，上一级的决策信息，往往是下一级的指令。在同一级中也可能存在各元件（子系统）之间的信息交往。

（5）关联上的特征：分级控制和调节要借助于各子系统之间的关联，而这种关联是由各子系统的模型、目标和约束来表现的。

在合理组织的分级控制系统（也可以称为多级递阶控制系统）中，每一级受控层次的每一部分都是作为一个统一的整体来执行一定功能的，它又通过自己的受控目标在行为上和整个系统的总目标的要求协调一致。这就意味着受控系统的等级是根据控制目标的等级来设置的。如果各层次按编号1，2，……，m，……，n递阶上升，那么，第m层次实现对第m－1层次的控制，同时又被第m＋1层次所控制。控制是从上向下的；而进入控制层次的信息是以相反方向运动的，从最低层次向上运动并且逐次收敛。这也就是说，分级控制系统的较低层次在较高层次面前是作为“黑箱”而存在的，它报告给较

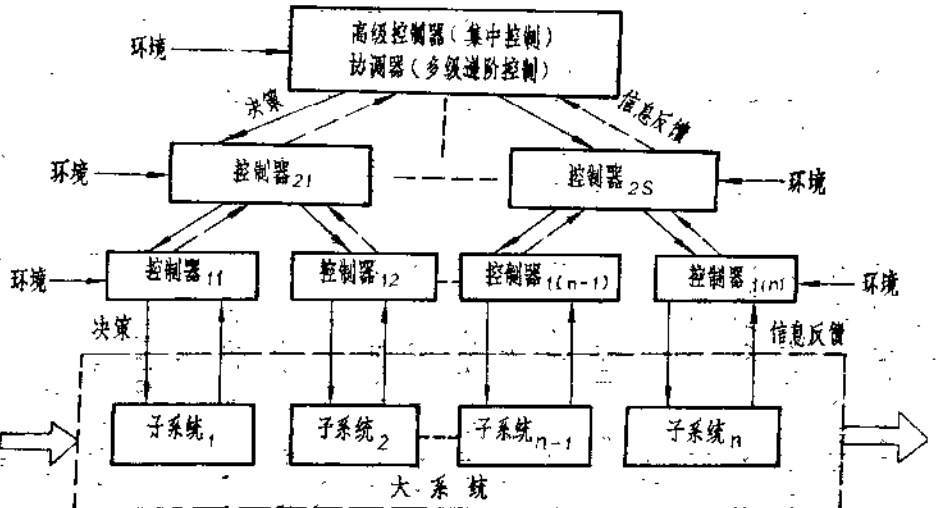

高级控制器（集中控制）
协调器（多级递阶控制）
环境
决策
信息反馈
控制器$_{21}$
控制器$_{2S}$
环境
环境
控制器$_{11}$
控制器$_{12}$
控制器$_{1(n-1)}$
控制器$_{1(n)}$
环境
环境
决策
信息反馈
子系统$_1$
子系统$_2$
子系统$_{n-1}$
子系统$_n$
大系统

图4.2.1 多级递阶控制

高层次的信息只是它活动的结果而不是与实现结果有关的内部过程或中间过程。

分级控制系统的每一层次，在执行功能时越是独立，吸收的信息就越多，而由它发出并进入上一层次的信息就越少，因此控制的效率就越高。就此而论，每个控制层次在其管辖范围内最大的独立性和信息的逐次收敛性是分级控制系统有效运行的基础。这对于生产管理系统以至一般社会-经济系统来讲，几乎是个通则。在这个原则的指导下，可以揭示许多弊端的症结，可以开启许多问题的关键。

过分集权的管理体制，最大的弊端就是控制系统的中间层次不足，从而造成了体制的僵滞，缺乏机动性和主动性。集多种权力于一身，表面上似乎控制得很严密，其实只会造成控制的失灵，效率锐减。有人曾经算过，按希特勒那种极端集权的控制方法，来自下级各方面的信息要不断向上集中，他一个人绝对不可能应付如此巨大的信息量，最后必将造成紊乱，失去控制。在我国历史上关于集中控制和分散控制的故事也很多，韩信和刘邦谈论将兵和将将之道便是一个典型例子。韩信认为：为将要善于将兵，多多益善；而为帅则要善于将将，能指挥好几员，十几员大将就足够了。从这些题外之议也可

以看到，多级控制是控制论中一个非常重要的问题。

4·3 经济控制的稳定性问题

被控制的经济动态系统通常具有两种行为方式：恒常式和瞬变式。

如果在一定时间内，经济系统在其状态空间的描述点属于以下两种情况：保持固定不变，或者，运动具有严格的周期性，那么，该系统的行为就称为恒常式的。

如果在一定时间内经济系统在其状态空间的描述点是无周期地不断变化着的，那么，该系统的行为就称为瞬变式的。

只有简单再生产的经济系统才具有恒常式行为。而对于具有扩大再生产过程的经济系统来说，它的各个组成部分或元素都是以瞬变式行为来执行各自的功能的。就整个社会而言，经济系统总是处于发展过程中，因此，其行为总是瞬变式的。

经济控制的目的就是要使经济系统在状态空间中的描述点保持在一定的许可区域内。例如，在计划期间内要求某个企业的某种主要物资的储备量由函数 $g(t)$ 决定，这个函数可以看成该系统在状态

空间中描述点的平衡轨迹。而实际的经济活动要受到种种干扰，致使这种物资的储备量每时每刻都会和计划要求的相偏离。如果实际轨迹 g′(t)和平衡轨迹g(t)的偏离量 Δg (t)在任何时刻都没超出许可值，也就是实际轨迹g′(t)始终控制在许可区域内，那么，可以说该经济系统处于稳定之中。由此可以引伸出经济动态系统稳定性的定义，也就是经济控制的稳定性的定义：

假如用状态空间中的一个不动点a来表示经济系统的一个平衡状态，用ξ表示该系统实际状态对平衡状态的许可偏离区域，如果对任何指定的域ξ都可以指出这样一个区域δ（包括平衡点在内），在这个区域δ内出发的任何运动轨迹点不超出范围ξ，则可以说系统的这一平衡状态a是稳定的（见图4.3.1），经济系统所受的控制具有稳定性。

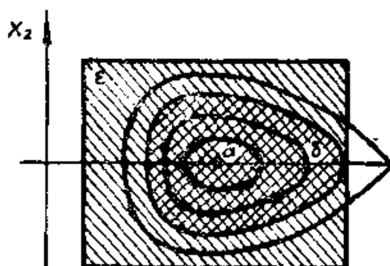


图4.3.1　稳定性定义的示意图

系统的状态一般有稳定态、亚稳态、随遇态和不稳态四种，分别如图4.3.2所示。就系统的平衡来说，这里的不稳态意味着未达平衡，亚稳态意味着不稳平衡，只有稳定态才是稳定平衡。

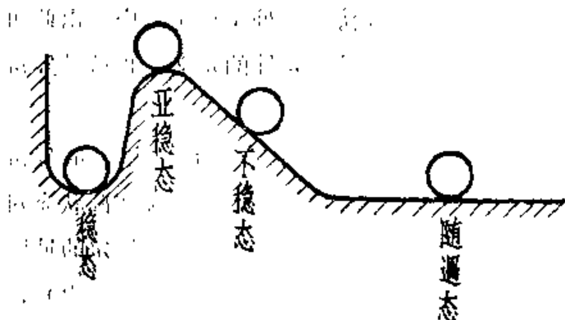


图4.3.2 稳定态，亚稳态，随遇态和不稳态

我们以市场机制确定（调节）价格的系统为例来说明稳定平衡和不稳平衡的情况。假设某商品的需求量D和供给量S都只是商品价格P的函数，它们所依赖的其他参数保持不变，则有：

$$D = D(P)$$

$$S = S(P)$$

如图4.3.3所示。显然，可以认为价格和需求量具有反比例关系：价格越高，需求量越低。因此，

D(P)线是斜率为负的直线。而价格和供给量的关系要复杂些：价格若很低，买主就增加，需求量就很大，因此刺激了生产，使供给量剧增；而价格若逐步上涨，需求量也随之逐步降低，供给量也因此而降低；但是供给量和需求量决不是直接相关的，当价格上涨到一定程度时，尽管需求还在继续下降，供给量却反而会增加，这是因为价格增高会刺激生产之故。这样曲线S（P）就会有一个最低点，对应以最小供给量，价格为P_K。

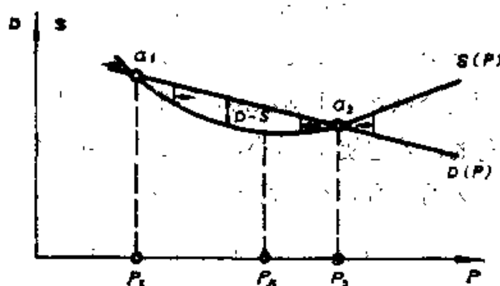


图4.3.3 需求供给和价格的函数关系

假设价格的变化直接与供求差成比例：

$$\frac{dP(t)}{dt}=K\left[D(P)-S(P)\right]$$

其中系数K为常数，表示当供求之差为单位值时，每单位时间所增长的商品价格。当然，根据这个模型的实际意义，K＞0（因为，若供不应求即D-S＞0，则随着时间流逝，价格会抬高，即$\frac{dP}{dt}>0$，故K＞0）。

从图4.3.3可以看出这个确定价格的系统有两个平衡状态a_1和a_2，因为处于这两个点时供求相等，按方程，有$\frac{dp}{dt}=0$，故价格保持不变。如果在a_1和a_2处出现了一个微小的随机扰动而使相应的平衡价格P_1和P_2发生了微小的偏离ΔP，那么，我们要看一看紧接着价格会产生什么变化——若它使ΔP继续增大，则完全破坏了平衡状态，说明原来的平衡状态是不稳的；若它使ΔP减小，则是向平衡状态恢复，说明原来的平衡状态是稳定的。因为ΔP相应于D-S，若D-S＞0则$\frac{dP}{dt}>0$，价格递增；若D-S＜0则$\frac{dP}{dt}<0$，价格递减。从图4.3.3可见，P_1造成的偏离，会越离越远，故a_1代表系统的不稳平衡状态；P_2造成的偏离，会及时消除，故a_2代表系统的稳定平衡状态。因此，P_2是稳定的平衡价格，P_1是不稳的平衡价格。当商品价格处于其他的P值

时，则基本分三种情况：

（1）$P>P_1$的时候会逐步收敛到P_2，整个系统达到稳定平衡状态（见图4.3.4所示）；

（2）$P<P_1$的时候，会离P_1（及P_2）越来越远，整个系统处于不稳状态（见图4.3.5所示）；

（3）$P_s<P<P_1$的时候，会以先后二种方式逐步收敛到P_2，整个系统达到稳定平衡状态（见图4.3.6所示）。

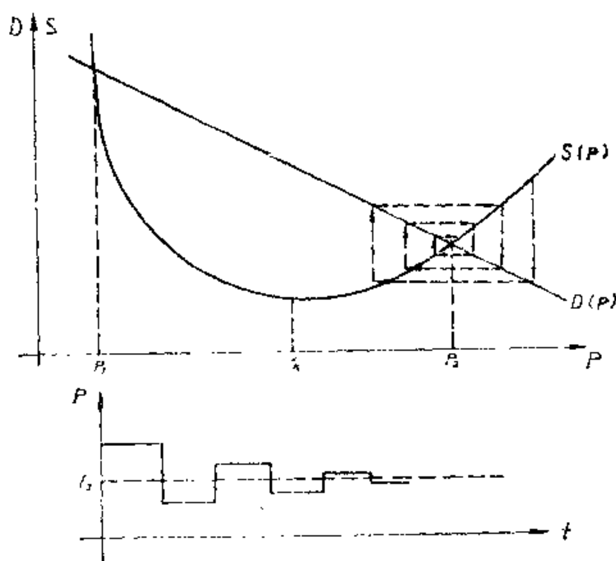


图4.3.4

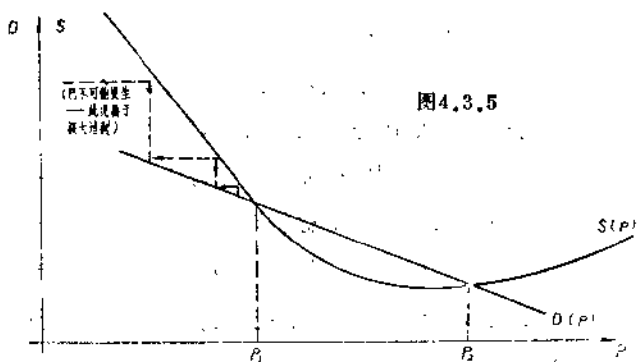


图4.3.5

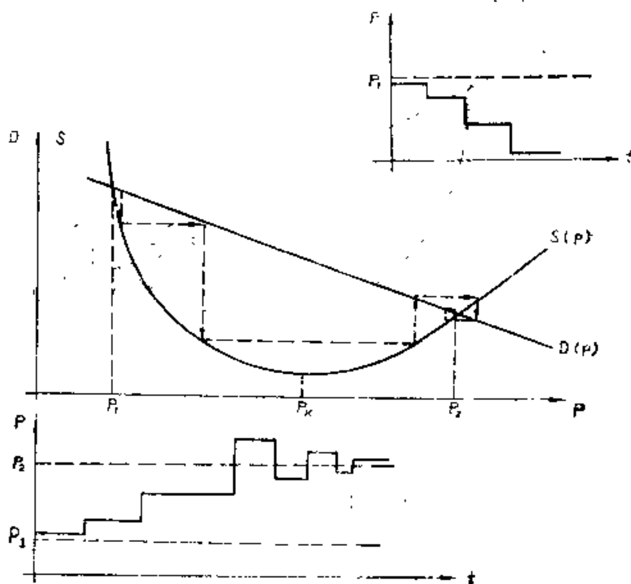


图4.3.6

4·4 经济控制的基本方式

控制有多种特征，因此相应的可以有多种划分方式（或类型）。各种划分方式可以大致罗列如下：

（1）简单控制和分级（多级递阶）控制；

（2）集中控制和分散控制；

（3）硬性控制（开环控制）和反馈控制（闭环控制）；

（4）程序控制和目标控制（跟踪控制，随动控制）；

（5）自动控制（自调节控制，自适应控制）；

（6）最优控制，等等。

这些控制方式可以归纳在图4.4.1中。

由于控制的许多特征并不互相排斥，所以按特征来划分控制的方式，本身是交叉的。尤其是象经济控制这一类比较复杂的控制，往往可以同时归入几种类型。

计划经济和市场调节，交叉地包含了主要的几种控制方式。我们可以从这两种经济控制方式中窥见一斑。大多数的宏观经济控制都是分级控制。完

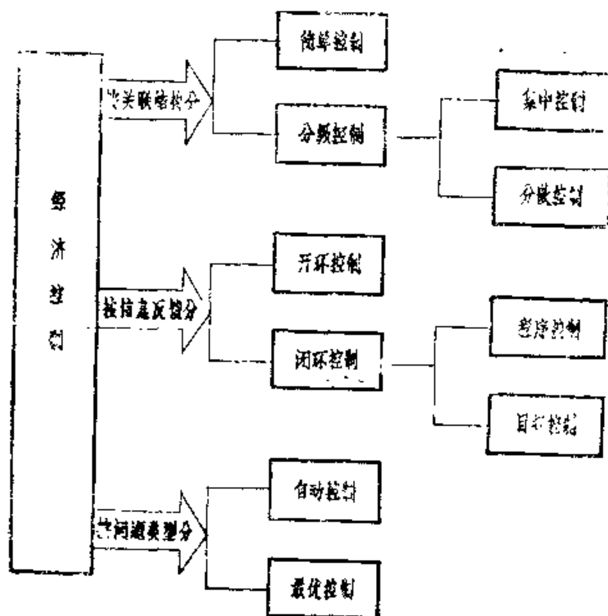


图4.4.1　控制方式一览图

全的市场竞争是分散控制的典型例子，完全的计划经济是集中控制的典型例子。前者的优点是信息传输效率高，适应性强，控制简便，组织容易革新，缺点是难以进行整体协调，缺乏统一的总体目标。后者的优点是便于整体协调，具有统一的总体目标，缺点是信息传输效率低，适应性差，控制过程繁

复，不便于革新。建立以计划经济为主、市场调节为辅的经济体系以及建立发挥优势的区域经济，无疑能兼取集中控制和分散控制两者之长，避免两者之短，是较理想的分级控制方式。

绝大多数的经济控制都是反馈闭环控制。市场调节和利润(或经济效益)原则是典型的目标(跟踪)控制，价格随供求关系而变动、企业按价格和收益来调节生产。计划经济是典型的程序控制。这两种控制的差别在于：前者在决策时不一定要掌握整个经济系统的全部信息，控制机构机动灵活；后者在决策时则要掌握大量信息，并要较准确地预见未来。实际的经济活动通常要把这两种控制方式结合起来运用。在市场机制中产生的混乱，需要用计划来约束(如当经济杠杆不能充分起作用时往往需要采用行政手段——法令、法案等)，而在计划经济中统得过死的状况，需要用市场调节来松动。

在计划经济和市场调节中还包含了大量有关自动控制和最优控制的问题，这里就不再具体列举了。

4·5 经济过程的程序控制

程序控制过程一般和两个密切相关的阶段有

关：

第一阶段，确定控制目标，编制决定被控制对象的行为的程序，在经济过程中这种程序往往与计划相关。

第二阶段，实施预定的程序（或计划），以达到控制的目标。

程序的编制实际上就是预先估计或假设外部环境对系统可能施加的影响，并据此来考虑受控系统的未来的行为。这种预先估计或假设的可靠性和它的详尽程度，对于选择程序、确定其实施方式、构造控制系统以及组织其信息子系统有着决定性作用。然而，并不是所有的控制过程都要预先编制程序，这要依控制的类型而定。

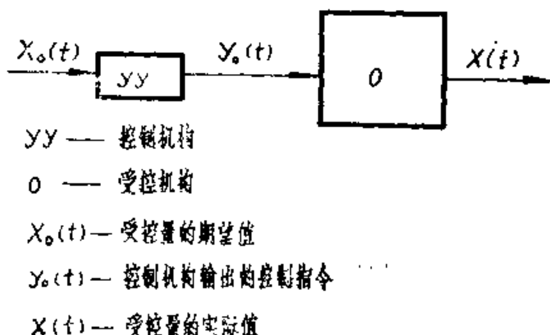


图1.5.1 硬性控制系统

1.硬性控制

硬性控制（见图4.5.1），其程序建立的前提是：假设外部环境与控制论系统的未来行为都具有完全的确定性，也就是认为不可预见的干扰的影响并不存在或者控制论系统完全不受干扰的影响。

当然，硬性控制的程序编制是一回事——它建立在自己的假设前提上；硬性控制的有效性又是一回事——它取决于前提假设与实际情况的吻合程度，前提假设越吻合实际情况，硬性控制的有效性就越高。

例如，在按照十字路口实际交通流量的统计资料来设计自动交通信号灯时，城市交通的控制就是硬性控制。通常，只要红绿信号的更替时间适当，这种控制是有效的，交通是足够通畅的；但是，一旦出现非常事故，造成路口壅塞，这种硬性控制就失灵了，如果还继续照用下去，整个交通就要停顿下来。

又如，生产某些计件产品（如灯炮、卷烟、糖果，螺钉等）所采用的自动流水线也是硬性控制。自动线的工作程序是预先确定的，在实际工作中可能出现的偏差被忽略不计。这种自动线在生产过程中是高效的，但是一旦有一处发生故障就必须全线停止以排除之。

如果一个部门的计划或一个企业的计划只按照事先要求的产值、给定的资金、设备、技术和原材料来安排生产，而在实际的过程中没有应变能力，这种指挥生产的办法就是硬性控制。单纯依靠这种控制在当代的生产管理中是不能适应的，其结果往往是不能完成计划，或者完成的计划难以适应新的经济形势的需要。

硬性控制的程序是单值地确定了受控系统的行为的，在控制过程中它作为唯一的指令信息输入受控系统。这种控制方式无法应付外部环境的干扰。为了克服这个缺点，可以把补偿引入硬性控制系统，通过补偿来减轻或消除外来干扰的影响。图4.5.2表示了这种带补偿的硬性控制系统的控制机制：

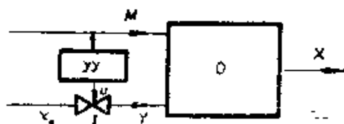


图4.5.2 带补偿的硬性控制系统

预先确定的程序信号X_0输入辅助机构I，X_0是受控量X的期望值。控制机构yy获得扰动M的信息，经过yy的变换算子P：U＝PM，把M变换为U，又输入辅助机构I，以起到对扰动的补偿作用。这也

就是说对于每个扰动M，通过u来确定控制作用Y，它输入受控制机构O以补偿M对受控量X的作用。在理想的情况下，控制作用Y应这样选定，使得扰动作用引起的偏差ΔX（M）与控制作用引起的偏差ΔX（Y）之和等于零，即

$$\Delta X\ (Y) = -\Delta X\ (M)$$

当然，一般情况并不是理想的，硬性控制靠补偿作用可以减轻干扰，但很难消除干扰。

硬性控制和带补偿的硬性控制都是开环型控制。如果系统的控制作用与受控量的信息无关（即有关受控量的信息不参与控制过程），那么，该系统就称为开环系统。

2．信息反馈控制

（1）一般概念

在执行程序时，控制系统吸收了关于受控系统的实际行为的信息，以补充原先的控制程序的输入信息——这种类型的控制就是信息反馈控制。这时控制机构的控制算子将包含受控量X的信息，其变换为

$$u = P\ (X, X_0)$$

信息反馈控制是闭环型控制。如果在一个系统中，用关于受控量的值的信息来进行控制，那么，这

种系统称为闭环系统（见图4.5.3）。之所以称为“闭环”，是因为系统的控制作用在传输路线中存在着一个闭环，即Y→X→u→Y。

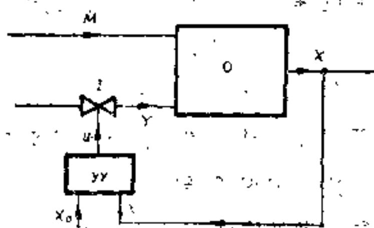


图4.5.3 信息反馈系统

在系统的某个元素i的输出Xi与任何别的元素j的输入Yj之间的关系叫直接链。在同一元素的输出Xi与输入Yi之间的关系叫反馈。反馈可以从系统的输出直接联到输入，也可以经过其他元素或其他系统达成。

反馈系统可分为正反馈和负反馈两类。正反馈增大了受控量的实际值和期望值的偏差，负反馈则减少了这种偏差。往往当系统的稳定受外力干扰时，负反馈作用会促使稳定得以重新建立；而正反馈则会使干扰引起的偏差增大，从而加剧振荡。

可以把开环控制系统和闭环控制系统组合起来

成为组合控制系统，如图4.5.4所示。这时控制系统

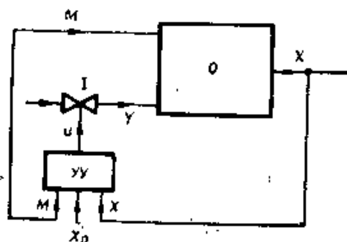


图4.5.4　组合控制系统

的变换就成为

$$u = P\ (M, X_0, X)$$

反馈控制的程序通常建立在外部影响的随机性质的假设上。外部影响的分布规律及其变化范围在一定程度上可以认为是已知的，控制程序就是根据这些影响的最大可能值来设计的。

（2）信息反馈控制与硬性控制的比较

具有信息反馈是控制论系统独有的特点，通过偏差（受控量的实际值和期望值的偏差）来对系统进行控制则是控制方法发展的重要阶段。反馈控制过程普遍地存在于自然和社会的许多活动领域。工程技术中的自动控制系统、生命活动中的自动调节系统，经济领域中的调节机制等等，都是建立在信息反馈控制的基础上的。良好的管理系统也一定要

有这种反馈机制。反馈控制较之硬性控制有根本的不同，它大大增加了系统的稳定性，提高了控制的有效性。譬如，在某地建立粮食基地后，社员的收入主要取决于粮食收成。粮食产量除了受到技术水平和人的劳力等因素的影响之外，在很大程度上还要受气候的影响。如果通常该地区的好年景和坏年景出现的比例是4～5：1，而坏年景的收入与好年景的收入之比是1：2－3，那么，在这种情况下，为确保社员的收入不因年景的好坏而起伏太大，要采取适当的控制方法。硬性控制和信息反馈控制的办法分别如下：

采用硬性控制方法意味着只能适应好天气，对自然灾害的干扰毫无预应措施。因此，好坏年景的收入差别只能保持在2－3：1。

采用带补偿的硬性控制方法，就是要对自然灾害进行抵御，这需要具有高度的技术能力。目前的科学技术水平还很难驾驭自然灾害，至多是减轻其害。因此，好坏年景的收入差别不会降低多少。

采用信息反馈控制则可以有多种办法。办法之一是建立荒年保险，即在好年景时提取收入的一定比例，如10%，作为荒年保险金，以丰补歉，使好、坏年景的收入基本平衡。还可以在好年景时提取更

多的收入，如20%，利用其中一部分作为抗灾基金，以增强抵御自然灾害的能力。这样在反馈控制的同时又对干扰加以补偿，实际上采用的是组合控制方法，效果更好。

（3）信息反馈中的自动控制系统

对于信息反馈控制系统而言，如果把其中的受控系统和控制器当作一个统一的控制系统来看，那么，它就是一个自动控制系统。自动控制系统至少有三个基本元素：测量机构，控制机构，执行机构。当然还有被控对象。其示意框图为图4.5.5。

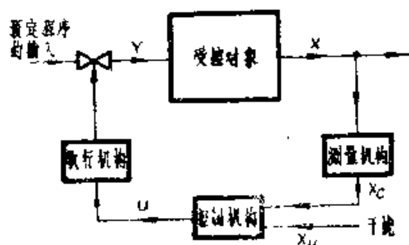
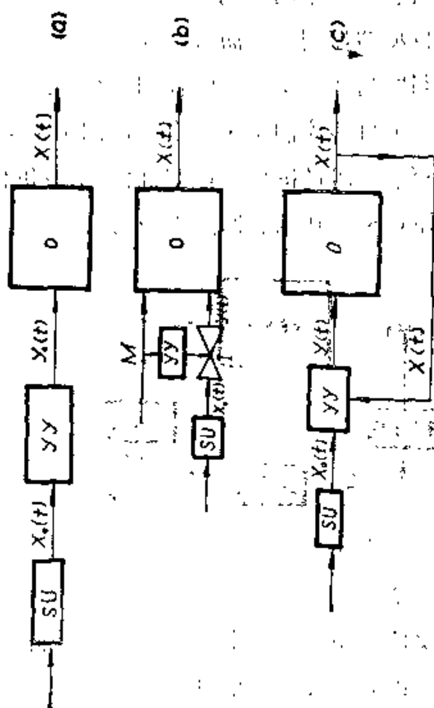


图4.5.5　自动控制系统

（4）小结

上述的硬性控制系统、带补偿的硬性控制系统以及信息反馈控制系统（包括自动控制系统），都可以说是程序控制系统（如图4.5.6所示）。对于受控系统而言，程序控制就是预先确定了程序以使受

控量(即受控系统的输出)X(t)保持在预定的$X_0(t)$周围的控制过程。$X_0(t)$是预先确定的目标，它随时间t而变化，而不是一个固定不变的常数。



其中，SU——储存器 预先设计的程序存入其中，由它向控制机构输出$X_0(t)$，其他符号参见图4.5.3

图4.5.6 程序控制系统

4·6 信息反馈的基本公式

可以用函数y＝f(u)来描述受控系统的变换u→y，u为输入，y为输出。对于多因素的输入和输出，则可用算子A来表示u→y的变换（其中u和y分别表示输入向量和输出向量）（见图4.6.1）。当没有控制器R时，y＝Au（见图4.6.1(a)）。

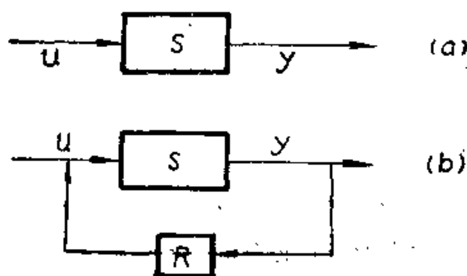


图4.6.1 输入-输出变换

如果控制器R起了作用，即受控系统S的输出y的值作为信息传输到R，R将y与预期的输出 $\bar{y}$ 比较，如果 $\|y-\bar{y}\|>\varepsilon$（$\|\cdot\|$为范数，ε为许可偏离值），则R起反馈控制作用，其作用可表以变换算子R，也就是说R起了变换器的作用，使y变为

Δu（见图4.1.6（b）），即

$$\Delta \mathbf{u} = R\mathbf{y}$$

$\Delta \mathbf{u}$又反馈到受控系统S，所以S的总输入为$\mathbf{u}+\Delta \mathbf{u}$，而系统的输出向量则为

$$\mathbf{y} = \Lambda(\mathbf{u} + R\mathbf{y})$$

假定Λ的逆算子Λ^{-1}存在，则有

$$\Lambda^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{u} + R\mathbf{y}$$

或

$$\Lambda^{-1}\mathbf{y} - R\mathbf{y} = \mathbf{u}$$

$$(\Lambda^{-1} - R)\ \mathbf{y} = \mathbf{u}$$

假定算子$(\Lambda^{-1}-R)$有逆变换，则有

$$\mathbf{y} = [\Lambda^{-1} - R]^{-1}\mathbf{u}$$

最后得

$$\mathbf{y} = [E - \Lambda R]^{-1}\Lambda \mathbf{u}\quad (E\text{为恒等变换算子})$$

这就是信息反馈控制的基本公式。

若Λ和R都是线性算子，且要求$\mathbf{y}$达到预期值$\bar{\mathbf{y}}$，即$\mathbf{y}=\bar{\mathbf{y}}$，则可通过

$$\mathbf{u} = (\Lambda^{-1} - R)\bar{\mathbf{y}}$$

确定u应有多大值。

若所有线性算子都是比例算子，即Λ，R都为确定数值，则给定$\mathbf{u}$值时要保证$y=\bar{\mathbf{y}}$，可以确定控制器的作用R为

$$R = \frac{\bar{y} - Au}{A\bar{y}}$$

对于公式$y = (E - AR)^{-1}Au$可以作如下解释：算子A 代表了受控系统的功能，如同没有控制器的反馈作用时一样，称为传送因子；算于$(E - AR)^{-1}$代表控制器的反馈控制功能，称为反馈因子。

兰格在其所著《经济控制论导论》一书中举凯恩斯的乘数原理为例，说明经济学家用以描述经济现象的公式，虽然没有使用经济控制论的概念或术语，但往往与经济控制论的结论相合。这作为一个例证，说明经济控制论的概念可以包容其他经济理论的公式。

凯恩斯认为，按国民经济的纯支出总额讲，国民收入Y（即扣除折旧后）由两部分组成：用于投资的部分A，用于消费的部分C。第二部分可视为国民收入的线性函数，即 $C = cY$，c 为消费系数，$0 < c < 1$。于是有

$$Y = A + C = A + cY \text{则}$$

$$Y = \frac{A}{1-c} = \frac{1}{1-c}A,$$

其中 $\frac{1}{1-c}$ 为凯恩斯乘数。该公式与反馈控制基本

公式 $y = (E - AR)^{-1}Au$ 类似。这意味着在考虑国民收入分配于投资和消费两部分时，国民经济系统中的凯恩斯乘数为反馈因子，它通过消费机制调节投资对收入的效果；而在这个系统中传递因子为1，即如果没有反馈作用，投资引起的收入只等于投资支出A。

4·7 经济过程的目标控制

1.目标控制的一般概念

以上讨论的两种控制类型具有一个共同的特点，即按照预定的程序来执行控制功能。程序的确定是建立在事先了解系统状态及外部环境可能发生的各种情况的基础上的，因此，受控对象往往是理想化的或具有事先设计好的特性。对硬性控制来讲，实际上是假定了一切都是确定的；对反馈控制来讲，则是已知其统计特性。当然反馈控制要比硬性控制有更大的适应性，它可以减少不可预见的和不可直接控制的外部干扰的影响以及由此引起的受控对象的特性的变化。然而，程序控制的反馈机制并不总能保证控制的稳定性，尤其是因为预定的程序并没有充分考虑到以下诸因素：系统行为和反馈作用

的滞后性，系统的惯性，潜在的非线性以及受控对象和外部环境的其他未被考虑的种种特性。在这种情况下，也就是缺乏上述诸因素的预知信息的情况下，预定程序所选择的参数是不够用的。

针对这种情况，最有效的控制是目标控制，或曰跟踪控制、随动控制，它们具有对环境干扰和受控对象特性发生变化的适应能力。目标控制定义为按一个未预知的信息变量$X_0(t)$来改变受控量$X(t)$的控制。对目标控制来讲，从外部输入控制系统的不是预先设计好的控制程序，而是控制目标以及控制变量与参数的限制条件。对目标控制系统来讲，外部输入的程序规定性越少，其适应性也就越大。

最典型的程序控制的例子是航海过程：轮船按预先指定的航线行驶，它用控制机构（一般是驾驶员）把各种探测方位的仪器（测量机构）和各种操纵方向的动力装置(执行机构)联系起来使航线不偏离预定航线的范围。最典型的目标控制的例子是追捕过程：鹰击兔或狼赶羊以及猎手瞄准其猎物，都是只预先确定猎取目标然后再以跟踪或随动的方式来追击猎物，并无预先设计好了的行为程序。

在目标控制系统中，控制的过程也要用反馈机

制，它的任务是不断复制外来信号$X_0(t)$所产生的变化规律以确保受控量$X(t)$对它的逼近。因此控制的适应能力或反应的灵敏性是随动系统的最重要的特性。在搏斗中，无论是拳击还是相扑，无论是海战还是空战，角斗的双方都力图达到随动控制的目的。当然，制胜一方的功能强于失败一方的功能，这主要就在于它反应灵敏。

在管理体制中，就调动工作者的积极性而言，最好采取目标控制的方式，也就是只给他输入目标信号，即所应完成的任务，而让工作者以相当大的弹性来应付工作中出现的种种问题，其中包括按具体情况来调节其脑力和体力上的竞技状态。在服务性行业中，采取承包的方式充分发挥服务人员的作用，已证实是根治服务质量低劣的行之有效的良方之一。这里的关键是确立服务的控制目标（即质量好坏与收益大小的关联），使服务人员可以按服务对象的多少、难易等状况随时采取应对措施，而这一切又和他的切身利益直接相联系，从而在服务人员和顾客之间形成了一个运行良好的随动系统。

2．适应和学习

改变系统的性质，使系统能在变化着的环境下发挥最佳功能的过程叫适应。适应是随动系统的根

本特性；同程序控制相比，目标控制把控制的水平提高了一级，就系统的特征而言，正体现在适应上。与适应相关的概念是自组织系统。自组织系统就是具有维持和提高自己的组织性的功能以适应变化着的环境的系统。从适应和自组织的概念出发深入探讨，可以建立人造控制系统的基础，从而把控制推向更高的阶段。这正是现代社会-经济管理科学的重要课题之一。

自组织系统所具有的适应性要比一般随动系统所具有的适应性有更丰富的内涵。它的适应性中包含了学习过程。学习就是整理所获的经验（各种信息）以形成一套自身适用的程序或指令来应付新的环境或新的变化。

3.经济过程中的目标控制

在经济领域中实行目标控制，最初只是人们单一地追求利润的不自觉的产物，但是随着经济活动的日益复杂、各种经济因素不断增加、联系不断密切，实行目标控制就逐渐成为人们自觉而有效地控制经济行为的重要方式。值得一提的是，在计划经济中实行适当的目标控制有助于沟通微观经济和宏观经济的渠道——这也就是以目标控制的方式来使地方的或基层的经济部门完成国家计划。在农村，国家

对农户(或社队)的种植计划只作适当的限制（降低指令，增加指导)，或者减少农产品征收和统购的数量而以强化土地税或地租以及其他税收的方式来对农业生产进行目标控制，必将促进农业经济在宏观和微观上的平衡发展。在城市，国家实行“利改税”的方针就是实行计划经济中的（尤其是财政上的）目标控制，这既加强了企业的自主权，又保证了国家经济的（尤其是财政的）稳步发展。可以说，只要稳妥地掌握好程序控制和目标控制两者之间的尺度，就可以根治“一抓就死、一放就乱”的弊病。

对于资本主义经济来说，目标控制也可用于宏观经济的调节上（尽管那里的目标控制主要体现在市场竞争中的利润原则上）。我们仍然以凯恩斯的国民收入公式 $Y=\frac{1}{1-c}A$ 为例来具体说明目标控制以及如何对它进行数量化描述。

为保证在某一阶段任一时刻的充分就业，所希望的国民收入为Y(t)，设N(t)为某一时刻t的积极人口数，P(t)为产值，a为国民经济净产出的劳动-产出率，α为常数。假定消费系数c在此阶段内不变。现在的问题是解出某一时刻t的投资量A (t)以保证充分就业，即要在任一时刻满足下式：

$$\frac{N(t)}{a} = P(t) = Y(t) = \frac{1}{1-c}A(t)$$

若人口N(t)是依时间而变的先行量，则问题就是要确定随动量A(t)。

对上式求解，所得结果为

$$A(t) = (1-c)\frac{N(t)}{a}$$

此例已经简化，因为劳动-产出率a和消费系数c都是随时间t变化的函数a(t), c(t)。如果可以预测a(t), c(t), 则仍可从先行量N(t)解出随动量A(t)。

第五章

经济控制论系统



在一个经济系统内，价格、可用的劳动力、消费者的需要、原料成本等等（这些只是其中很小的一部分）因素都起一定的作用，……经济学家也得衡量一下应该把他的力量专注在哪一方面的工作上，……。

——艾什比《控制论导论》

经济控制论系统这一概念是经济控制论整个概念体系的核心。这一概念既是系统论、控制论与经济学相互结合的产物，又是经济控制论作为独立的经济学新学科而不同于其他的经济学，更不同于一般的系统论与控制论的根本所在。可以说经济控制论的建立是从确定经济控制论系统这一核心概念开始的，也可以说经济控制论概念体系的展开是围绕着描述经济控制论系统而进行的。

5·1 经济控制论系统的概念

经济控制论系统既然是系统，它就具有一般系统的特征；既然是控制论系统，也就具有一般控制论系统的特征。因此，有关系统和控制的概念及其描述对它都适用。

从另一方面讲，经济控制论系统不同于一般的系统，也不同于一般的控制论系统（尤其不同于控制论上常见的技术系统和生物系统）。由于经济控制论的对象是经济领域，经济控制论系统就必然包含了一个重要的本质特征：人的因素，即在经济活动中时时刻刻起作用的人的因素。其中最突出的是两点：人的目的性和人的控制作用。目的性是显而易见的，小自简单的经济行为大至庞大的经济领域（以及其中所有的方面、层次和过程）几乎无不存在或包含人的目的性。与此相关就产生了各种形式的控制作用，它主要体现在人直接而自觉地参与和执行决策、指挥、监查以及调节等活动。如果把经济控制论的研究在层次上从微观经济逐渐扩展到宏观经济，在机制上从单一过程逐渐上升到多级过程，那么，所涉及的控制活动的复杂程度也随之而增加。

经济控制论系统是由各种有序的相互联系的经济元素有机结合而成的集合。该集合可以包含许多子集合，它们之间又具有各种联系而形成较复杂的结构；它们在某种经济目标下，以整体方式执行整个系统的某种经济功能。这里所谓复杂结构的含义是：经济控制论系统可以由各种子系统组成，它们体现为经济上不同的方面、不同的层次，各自相应有不同的子目标，执行不同的子功能。

按照这一概念，凡是具有某种直接的经济目标，能独立执行相应的经济功能的经济实体，都可以看成是经济控制论系统。在这个意义上讲，经济控制论系统如同一般系统论所描述的系统那样，具有很强的相对性和抽象性。可以根据不同的分析目的，按照不同的角度、不同的要求来划分出各种经济控制论系统。

若按"条条"看，各部委、司局、公司、总厂、分厂、车间、班组，都可以看成是独立的经济控制论系统，又都可以看成是属于更高一级经济控制论系统的子系统或元素。

若按"块块"看，则各省、市、自治区的经济体系，各市、县、区的经济体系，各社、队，各新型联合体，都可以看成是独立的经济控制论系统，又都

可以看成是一个统一的经济控制论系统的各部分。

若按经济活动的领域来看，则工业、农业、建筑、交通运输、商品流通、财政金融、对外贸易等领域，各自都是经济控制论系统，而所有这一切领域统属于整个国民经济，这后者也是一个经济控制论系统，是超级大系统，称之为国民经济总控制论系统。

若按某个研究课题或某种运行机制来看，则又可以将这种条条块块的分法打散，重新组合成便于分析的新的经济控制论系统。例如，针对能源的开发问题，可以提出能源开发系统的概念，并依此把所有涉及的方面（各领域、区域、部门“所辖”的部分）划入其中。又如，针对人口问题，可以提出人口系统，其中涉及社会-经济的诸多方面。就研究而言，一般是按课题来划分系统的，但是，每个被划分出来的系统都必须具备经济控制论系统的定义所要求的特征。对于那些与所划系统有关联而不具备系统特征的部分，就作为该系统的环境而存在。

就整个国民经济而言，它是超级大系统，而这个超级大系统 E，实际上又分别与两个超级大系统——社会系统 S 和自然系统N相交(见图5.1.1)，未相交者都是它的环境（自然环境与社会环境）。这两个环境与经济系统的作用，从经济控制论的观点来

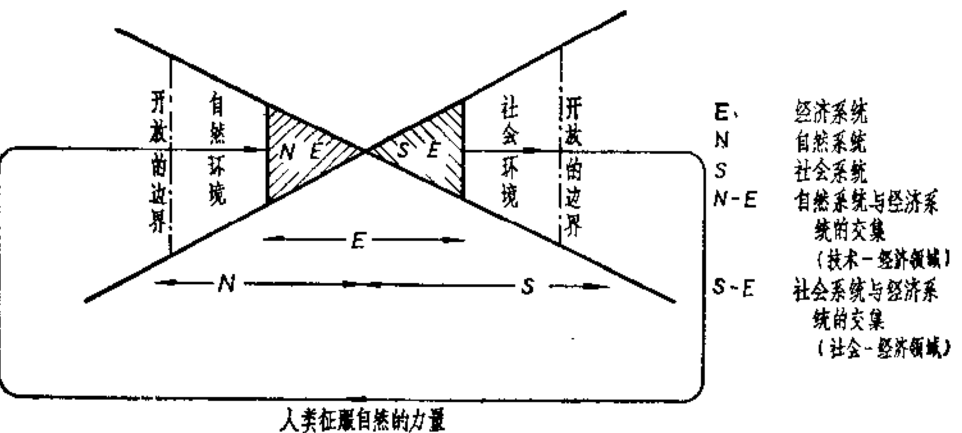


图5.1.1 经济系统和自然系统、社会系统

看是非常有趣的：首先，经济系统（它的结构和它的运行机制）受到它所处的自然环境和社会环境的影响和制约；其次，经济系统又可以作为"自然-社会"流的变换器，使物质的自然形态（自然的力量）不断地变为社会形态(人类的力量)，并通过反馈回路返回自然（扩张人类向自然推进的"边界"），从而完成人类征服自然的一个循环。

从自然系统和经济系统的交集角度来看经济系统，主要着重于技术-经济方面的问题；从社会系统和经济系统的交集角度来看经济系统，主要着重于社会-经济方面的问题。而把经济本身当作处于自然和社会环境之间独立的经济控制论系统时，人的二重性问题就突出来了：人既是消费者，具有对生产提出目标并体现目标被实现的功能；人同时又是生产者或管理者，具有生产本身的设计者、指挥者和执行者的功能。因此，在国民经济的所有系统和子系统中，人是最基本的具有生产和消费双重功能的元素——这正是造成一切经济控制论系统（包括其中的各方面、各层次和各过程）具有反馈闭环性质的根本所在，也正是它们完成"自然-社会"流转化功能的根本所在。应该强调的是：不仅仅由于其中的基本元素（人）具有不同的"自然"特质和

"社会"特质，更重要的是由于其中的基本元素（人）耦合为各种结构，经济控制论系统才能执行单个人完全不具备的经济功能，并且对不同的耦合方式而言，执行的功能不同，运行的机制也不同，因此就造成了经济控制论系统在质上的多样性。

5·2 经济控制论系统外部行为的基本描述——输入向量和输出向量

从经济范畴来看，在所有经济控制论系统中存在的都是以各种方式组合的各种形态的物资（原材料及由其加工的成品、半成品等）、能源、信息(科技和商业情报、决策指令、效果反馈等）、资金(货币、各种有价证券等）、劳力(体力的和脑力的)等量。这些量在各经济控制论系统之内和之间流动着，形成经济物质-信息流。

经济控制论系统具有多种多样的行为，如预测行为、计划行为、生产行为、管理行为、科研行为、流通行为、消费行为、教育和训练行为，等等。所有这些行为都力求按系统的某种目标以某种方式执行某种功能。

通常，系统的功能可以通过系统的外部行为来

体现，而外部行为就是系统与其环境间的作用，它可以由系统的输入、输出向量来描述。输入、输出向量则由一定的物质-信息流量来表示。经济控制论系统从其环境（包括与该系统相关的其他经济控制论系统或社会系统和自然系统）中所获得经济物质-信息流量的总和，构成该系统的输入向量。该系统活动的结果又体现为转向其环境的经济物质-信息流量，这些流量的总和构成该系统的输出向量（见图5.2.1）。

从“黑箱”的观点来看，经济控制论系统的输入、输出向量之间的函数关系及输入与输出的比值分别刻画了系统的功能和活动效率。用集合论的术语可以很简明地予以描述。

设u和y分别是经济控制论的输入向量、输出向量，则序对

$$(u, y) \in U \times Y$$

称为系统的活动。其中，U是系统输入向量的集合，Y是输出向量的集合；$u \in U$，$y \in Y$。

系统的活动算子Λ可表示为U、Y之间的函数关系

$$\Lambda: U \to Y, \text{ 或 } Y = \Lambda U$$

若U、Y能构成具有范数的向量空间（可以是

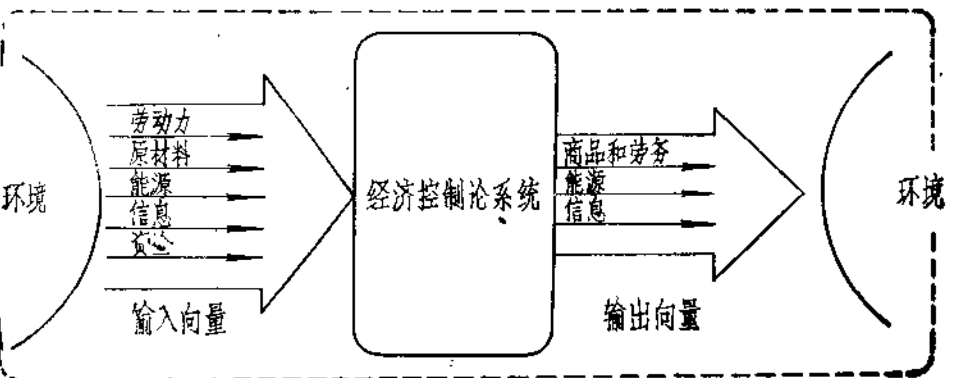


图5.2.1 经济控制论系统的输入、输出向量

欧氏空间，也可以是其他形式的空间)，用 $\|y\|U$ 和 $\|u\|U$ 分别表示Y、U空间中的范数，则经济控制论系统的活动效率可表示为

$$Z(u, y) = \frac{\|y\|Y}{\|u\|U}。$$

输入、输出空间的范数是描述经济控制论系统的非常重要的量。例如，在建立经济最优增长过程的数学模型时，输入空间的范数 $u\|U\|$ 必须全面反映人力、物力和财力的使用效率，输出空间的范数 $y\|Y\|$ 必须全面反映与社会-经济发展、国民财富增长、人民生活水平提高相关的各种因素。

5·3 经济控制论系统内部行为的描述——元素间的联系（或作用）

经济控制论系统内各组成部分之间的联系（或作用），具有一般系统内元素间相互联系(或作用)的几种关系类型，可以用集合论的术语加以一般描述。

若一个经济控制论系统的所有元素 e_i $(i = 1, 2, \cdots, n)$ 的集合为S

$$S = \left\{e_1, e_2, \cdots\cdots, e_n,\right\}$$

则该系统内元素间的所有联系可表示为集合R，它是集合S的加氏积S×S的子集合

$$R \subseteq S \times S;$$

称R为该经济控制论系统的内部关系式。R的具体表示式对应着系统的各种关系类型。

若e_i、$e_j \in S$，且有序对(e_i, e_j)，$(e_j, e_i) \in R$，则经济控制论系统内两个元素e_i，e_j之间有联系，称(e_i, e_j)为e_i联系e_j，称(e_j, e_i)为e_i被e_j联系。显然，这里所定义的元素间的联系是有顺序性或方向性的，(e_i, e_j)与(e_j, e_i)并不等价。正是这种顺序表示了物质、能量流或信息流的流动方向。

所谓经济控制论系统的元素之间有联系，也就是在它们之间存在经济物质-信息流；而所谓元素e_i联系e_j就是有经济物质-信息流从e_i流向（输入）e_j，反则反之。按经济物质-信息流的五种类型，可以把关系集合R分为五个子集合：

R_l——涉及劳力流的关系；

R_m——涉及物资流的关系；

R_e——涉及能源流的关系；

R_i ——涉及信息流的关系；

R_f ——涉及资金流的关系；

$$R = R_t \cup R_m \cup R_e \cup R_i \cup R_f。$$

在分析经济控制论系统S的某个元素e_i时， 可以按联系（作用）的方向性把该系统中与元素ei有关的其他元素分成两类：

——联系e_i的元素e_j之集合e_iR，被定义为

$$e_i^R = \left\{ e_j \middle| e_j \in S,\ (e_j,\ e_i) \in R \right\}$$

——e_i所联系的元素e_j之集合R^{e_i}，被定义为

$$R^{e_i} = \left\{ e_j \middle| e_j \in S, (e_i,\ e_j) \in R \right\}。$$

集合e_i^R反映了经济控制论系统内其他元素向元素e_i输入各种经济物质-信息流的情况，集合R^{e_i}反映了元素e_i向系统内其他元素输出各种经济物质-信息流的情况。

如果某个经济控制论系统的元素e_i仅向系统外部输出，而不向系统内其他元素输出，则称它为该经济控制论系统的終元，其特征表示为集合

$$R^{e_i} = \Phi；$$

如果该系统的某个元素e_i仅从系统外部接受输入，而不从系统内部其他元素接受输入，则称它为该经济控制论系统的初元，其特征表示为集合

$$e_i^n = \Phi;$$

其中Φ是空集。

一个经济控制论系统的结构是它的元素及元素间的联系的总和，可用集合论术语表示为

$$\{S, R\}$$

为便于运算，往往可用联系矩阵来表示经济控制论系统的内部联系。定义联系矩阵

$\alpha = |\alpha_{ij}|_{n\times n}$（n表示系统S共有n个元素

的元α_{ij}为

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果ei对ej有联系，（即} e_i \to e_j\text{）} \\ 0 & \text{如果ei对ej没联系。} \end{cases}$$

一般地规定$\alpha_{ii} = 0$

例如，某个经济控制论系统有 4 个元素e_1，e_2，e_3 e_4，它的联系矩阵α为

$$\alpha = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

表明：元素e_1联系元素e_4；元素e_3联系元素e_1，e_2，e_4；元素e_4联系元素e_1。或者说，元素e_1和e_4有相互联系；元素e_3单向联系e_1，e_2，e_4；而元素e_2不联系其他元素（而只被e_3联系）。

按经济物质-信息流的五种类型可以分出五种

形式的联系矩阵：

$\alpha_l = |\alpha_{ij}^l|$——由劳力流形成的联系矩阵；

$\alpha_m = |\alpha_{ij}^m|$——由物资流形成的联系矩阵；

$\alpha_e = |\alpha_{ij}^e|$——由能源流形成的联系矩阵；

$\alpha_i = |\alpha_{ij}^i|$——由信息流形成的联系矩阵；

$\alpha_f = |\alpha_{ij}^f|$——由资金流形成的联系矩阵；

经济控制论系统中的两个元素ei、ej是相关联的，必须10个矩阵元 α_{ij}^l，α_{ij}^m，α_{ij}^e，α_{ij}^i，α_{ij}^f，α_{ji}^l，α_{ji}^m，α_{ji}^e，α_{ji}^i，α_{ji}^f中有一个不为零。

联系矩阵α从量上反映了经济控制论系统的关系结构。

5·4 经济控制论系统动态结构的描述——与时间相关的结构和联系

所谓动态，含义上指的是状态与时间的相关性。结构的动态就是结构随时间的变化，因此主要也就是元素间的联系随时间的变化。

定义经济控制论系统在t时刻的联系矩阵为

$$\alpha_t = \alpha_{ij}{}^{(t)}\Big|_{n\times n}, \quad t\in(0,\ T)$$

矩阵元

$$\alpha_{ij}{}^{(t)} = \begin{cases}1, & \text{如果在时刻t元素}e_i\text{对}e_j\text{有联系,}\\ 0, & \text{如果在时刻t元素}e_i\text{对}e_j\text{没联系,}\end{cases}$$

其中T为对该经济控制论系统进行分析的时期。

例如，有三个元素e_1, e_2, e_3的某经济控制论系统，在t时刻e_1和e_2有相互联系，e_3只被e_1联系，则该系统在t时刻的联系矩阵为

$$\alpha_t = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

一般取时间t为离散变量，则经济控制论系统的动态结构定义为$\left\{S_t,\ \alpha_t\right\}$对时间t的序列

$$\left\{S_t,\ \alpha_t\right\}_{t=0}^{t=T}$$

同样可以定义ei在时刻t所联系的元素之集合

$$R_t^{ei} = \left\{ej \middle| ej\in St,\ \alpha_i{}^t{}_j = 1\right\},$$

及在时刻t联系ei的元素之集合

$$_{ei}R_t = \left\{ej \middle| ej\in St,\ \alpha_{ji}^{(t)} = 1\right\}.$$

如果$ej\in R_t^{ei}$，$(\forall)t\in T$有

$$\bigcap_{t\in T}\alpha_{ij}^{t}=1$$

则称ei对ej有稳定联系；如果ej∈Rt，(∀)t∈T有

$$\bigcap_{t\in T}\alpha_{ji}^{t}=1$$

则称ei被ej稳定地联系着。

如果$\alpha_{ij}^{t-1}=0$而$\alpha_{ij}^{t}=1$，或$\alpha_{ji}^{t-1}=0$而$\alpha_{ji}^{t}=1$，则称在时刻t产生了ei对ej的联系，或在时刻t产生了ei被ej的联系。反之，如果$\alpha_{ij}^{t-1}=1$而$\alpha_{ij}^{t}=0$，或$\alpha_{ji}^{t-1}=1$而$\alpha_{ji}^{t}=0$，则称在时刻tei对ej的联系消失了，或在时刻tei所受ej的联系消失了。

经济控制论系统的元素ei在时刻t对其他元素的联系程度，可表示为指数

$$\overline{\alpha}_{i,\cdot}^{t}=\frac{\sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij}^{t}}{n-1}$$

ei在时刻t被其他元素的联系程度，可表示为指数

$$\overline{\alpha}_{\cdot,i}^{t}=\frac{\sum_{j=1}^{n}\alpha_{ji}^{t}}{n-1}$$

如果$\alpha_{i,\cdot}^{t}$或$\alpha_{\cdot,i}^{t}$是时间t的增函数，则ei对系统内其他元素的联系或被系统内其他元素的联系

①符号∀的涵义是“一切的，所有的，任意的”。——编著者

在增强，这反映系统内部活动的复杂程度增强了。反之，则减弱了。这里所说的联系之增强或减弱，指的是ei到系统内部其它元素的流向增加（注意：流向的增加与流量的增强是不同的）或减弱。

如果ei是经济控制论系统在时刻t的终元，则它有特征

$$\bar{\alpha}^{t}_{i,\cdot}=0;$$

如果$\bar{\alpha}^{t}_{i,\cdot}=0$而$\alpha^{t+1}_{i,\cdot}>0$，则在时刻t之后ei就不再是系统的终元了。

如果ei是经济控制论系统在时刻t的初元，则它有特征

$$\bar{\alpha}^{t}_{\cdot,i}=0;$$

如果$\bar{\alpha}^{t}_{\cdot,i}=0$而$\bar{\alpha}^{t+1}_{\cdot,i}>0$，则在时刻t之后ei就不再是系统的初元了。

在时刻t经济控制论系统的复杂程度可定义为

$$\left|\alpha_{t}\right|=\sum_{i=1}^{n}\bar{\alpha}^{t}_{i,\cdot}/n=\sum_{i=1}^{n}\bar{\alpha}^{t}_{\cdot,i}/n$$

$$=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\alpha^{t}_{ij}}{n(n-1)}$$

数值n(n－1)是含有n个元素的经济控制论系统内所

能形成联系的最大数量，这意味着系统中任一元素都与其他元素有相互联系（联系与被联系），这种情况发生时$|\alpha t|=1$，而在一般情况下$|\alpha t|<1$。$|\alpha t|$刻画了经济控制论系统内部结构和活动的复杂程度。

5·5 经济控制论系统的状态、行为和功能的一般描述

1.经济控制论系统的状态向量和内部行为

如同一般系统，要描述经济控制论系统本身，需要用一组可以完备描述其特性的状态变量。这组状态变量构成了该经济控制论系统的状态向量，表以X(t)。所有X(t)构成了经济控制论系统的状态空间。在给定时刻t，X(t)取决于两个方面：X(t)以前的状态X(t)（$\tau<t$）及在时期〔τ，t）内的输入向量U。设u_s是系统S的输入向量空间，

$$u_s \subseteq L\times M\times E\times I\times F,$$

其中L、M、E、I、F各自表示劳力、物资、能源、信息和资金等流量的集合。设γ〔τ，t）是时期〔τ，t)内的输入向量流即输入向量U的总和，T是时间集合，则在任意时期内输入流γ的集合表示为Γ。

经济控制论系统的内部行为是该系统的状态向

量在输入向量的作用下发生变化的方式；以集合论表示，它具有如下向量函数形式

$$\varphi: D \longrightarrow X,$$

其中D为集合

$$D \subset T \times T \times X \times \Gamma,$$

φ表示从集合D向集合X的映射，→是映射符号。

因此，在时刻t，经济控制论系统的状态变量由以下函数式确定：

$$X(t) = \varphi(t, \tau X,(\tau), \gamma(\tau, t))。$$

这样，则经济控制论系统的内部行为可以表示为三元组

$$(Us, X, \varphi)$$

简言之，系统的内部行为指的是系统在输入的影响下发生了怎样的内部变化以及输入的变化与内部状态变化的对应方式。

2.经济控制论系统的外部行为

以Ψs表示经济控制论系统的输出向量空间，该系统的外部行为可由向量函数ξ

$$\xi: D \to \Psi s$$

来描述。ξ表示从集合D向集合Ψs的映射。

因此，输出向量由以下函数式确定

$$y(t) = \xi(t, \tau, X(\tau), \gamma(\tau, t)),$$

它表示系统在时期[τ, t)内与某个输入流γ[τ, t)相对应的输出流的强度。

经济控制论系统的外部行为可以表示为三元组

$$(Us, \Psi s, \xi)$$

简言之，系统的外部行为，并不强调系统的内部性质及其在输入的影响下的变化，而是着重于系统在环境的输入的影响下对环境的反应是什么以及环境的影响和系统的反应之间的对应关系。

3.经济控制论系统的行为和功能

经济控制论系统的全部行为是由内部行为方式和外部行为方式之间的关系确定的，也就是由向量函数对

$$\left\{\varphi(t), \xi(t)\right\}$$

与集合Us, X, Ψs来表示的。因此，经济控制论系统的行为决定于五元组

$$(Us, X, \Psi s, \varphi, \xi)。$$

经济控制论系统的行为方式（主要是外部行为方式）与系统的功能密切相关。如以数学方式来描述经济控制论系统的功能，需要把该系统所有初元和终元与其环境的一切关系都表示出来。令$R_z^{t,s}$表示在时刻t经济控制论系统S所联系的环境（即S

联系的一切自然、经济、社会系统之集合)，$_sR_z^t$表示在时刻t联系经济控制论系统S的环境（即联系 S 的一切自然，经济、社会系统之集合），则系统 S 在时刻t的功能可表示为五元组

$$\left(sR_z^t,\ R_z^{t,s},\ Us,\ \Psi s,\ \xi\right)。$$

简言之，系统的功能指的是：把系统放在一定的环境中考查，它在其中的作用是什么，即影响它的那部分环境$\left(sR_z^t\right)$和它所影响的环境部分$\left(R_z^{t,s}\right)$是怎样通过ξ发生对应关系的，这就刻画了系统在所考查的整个大系统中（即系统与其环境的总和）的作用是什么。当然，sR_z^t与$R_z^{t,s}$一般是不同的；二者可能有交集，并构成环境整体。而sR_z^t与Us一般也是不同的，因为sR_z^t还可能涉及到其它系统和部分、而U_s只表明了$_sR_z^t$对系统 S 的影响。

完备描述经济控制论系统的量是九元组

$$(S,\ R,\ sR_z,\ R_z^s,\ Us,\ X,\ \Psi s,\ \varphi,\ \xi)。$$

总结上面所说的，可以看出一个经济控制论系统是这样描述的：

结构： $\left\{\zeta,\ R\right\}$（这里ζ为系统的元素的集合）

行为： $\left\{Us,\ X,\ \Psi s,\ \varphi,\ \xi\right\}$

功能： $\left\{sR_z^t,\ R_z^{t,s},Us,\Psi s,\ \xi\right\}$

而一个经济控制论系统的结构，行为和功能的之间关系如下图：

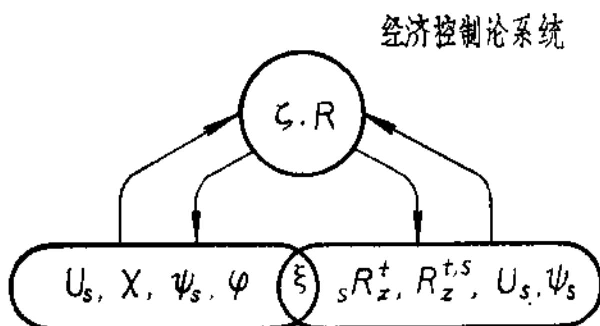


图5.5.1　一个经济控制论系统

因此，一个经济控制论系统是由它的结构、行为和功能以及它们之间的辩证关系所确定的。

综上所述可以看出，经济控制论确实如第一章所说的那样，是试图从系统的基本属性方面来全面地把握经济系统的经济学。

5·6 结构、功能、行为等概念的应用

在以上的章节中，我们较详细地介绍了经济控制论的新的观察角度、新的研究方法和新的概念体系。但是它们能够在理论分析中给予我们一些什么新的认识和启发呢？这是一门新学科能否站得住的试金石之一。下面我们想通过几个启发性的问题来说明这些新概念在理论分析上的重大价值。

问题1　对马克思主义政治经济学和当代资产阶级经济学的比较分析，以及马克思主义理论经济学的建立问题

如果从经济控制论的角度和方法来看待马克思主义政治经济学和当代资产阶级经济学，那么可以说前者着重于资本主义经济系统的某种结构——生产关系（因为还有产业结构等等）；而后者则着重于资本主义经济系统的某些功能——管理、经营和运行（但往往不涉及其社会功能）。

马克思主义政治经济学揭示了资本主义社会中由物所掩盖的人与人之间的关系，从而揭示了资本主义社会发生、发展和灭亡的必然规律，这是科学的真理。它为无产阶级争得自身解放、把整个人类社会发展推向更高阶段的活动提供了科学的理论武

器。但当无产阶级一旦夺取了政权，建立了社会主义经济，随之而来的大量问题却是社会主义经济系统怎样才能良好地运行的问题。处理这类问题的宏观控制机构每日、每月、每年都要随时作出种种有关的决策。而所有作出的决策如何才能建立在科学的基础之上呢?对此,经典的马克思主义政治经济学虽然给予我们以正确解决问题的基本原则，但并没有给出具体的系统的回答。这也是当前我国经济学界日益关注生产力经济学和技术经济学的主要原因之一，但这样并不能解决所有的根本问题。对此下面还要作进一步的分析。

现代资产阶级经济学家从为资本主义社会永恒性的辩护角度出发，当然不考虑生产关系。但是面对现实的经济运动，他们出于自身的阶级利益和阶级意识的要求，不能使自己仅仅停留在辩护性的解释之上，而必须对改善资本主义经济系统的运行状况聊尽薄力。用经济控制论的语言说，就是在不改变资本主义经济系统的某种基本结构——生产关系的前提下，研究如何改善资本主义经济系统的功能问题。当然，这种改善有其不可逾越的上限，但是改善的可能性和可行性在该前提下是存在的，事实也证明了这一点。这里，正有一条经济控制论的道

理在起作用：一个系统的某部分结构基本不变，使用不同的方法可使系统的功能得到不同程度的改善。当代资产阶级经济学家正是在这样的限制下，展开了他们的大部分研究工作，也取得了一定的成果，例如生产要素合理配置的一整套原则等。应该承认，这些工作在经济科学的发展史上占有一定的历史地位。但是，当他们把这些相对而言符合一定道理的东西无条件地推广时，也搞出了不少荒谬的东西。如他们认为，原始人手中的棍棒也是资本。从经济控制论的角度看，他们犯了一个绝大的错误，即没有看到“资本”固然承担着生产资料所要完成的一般功能，但同时它更主要的是一定特殊结构的体现者。因而他们实际上把两个不同的问题混为一谈，即实现同样功能的不同系统有可能在结构上相类似，也有可能在结构上具有本质的差别。这样，他们就完全无视或根本不愿承认人类社会-经济的历史发展确实经历了结构上的根本变化，乃至得出资本主义社会是永恒的这样一个荒谬绝伦的命题。

如果说马克思在当时历史条件下，继承、批判了资产阶级古典政治经济学，创立了经典的马克思主义政治经济学，因而实现了当时的经济学变革，那么，在社会主义经济已历时三十年的中国，要把马

克思主义经济学推向前进，回答社会主义建设的理论和实践问题，就必须以马克思主义基本原则为指导，在更为综合和系统的角度上，形成马克思主义理论经济学。这是从经济系统的基本属性（结构、功能和行为等方面）出发把生产关系和生产力有机地结合起来，以指导社会主义经济发展的理论基础。因此，仅仅笼统地认识到用经典的马克思主义政治经济学的一般原则与中国社会主义经济建设的具体实践相结合以解决中国今天的问题已经不够了，因为这种结合需要很多中间环节，离开了现代科学，我们就无法抓住这些中间环节。而单纯注重生产力经济学和技术经济学更绝无可能解决生产力和生产关系有机结合的经济学一体化问题，尽管可以为这种一体化创造某些必要条件。

实践上和理论上的需要使我们面临的现实类似当年马克思所处的经济学的变革时代。现代资产阶级经济学家，由于他们的阶级局限性，根本无法提出和实现这样一个历史性的变革。这个任务当然只能由无产阶级的经济学家承担起来，因为只有无产阶级的经济学家才具备这样的条件：他们掌握着由马克思首先系统建立起来的结构性的研究武器和科学的理论与方法，有勇气有能力批判地继承现代资

产阶级经济学中有关功能分析和运行机制的科学成果，能够站在历史发展的高度上看待社会-经济演进的过程和现实的运动，可以毫无偏见地充分发挥和运用现代科学所形成的巨大力量。

经济控制论虽不自诩凭它自己便可以实现这样一个历史性的变革，但它确实可以为形成马克思主义理论经济学提供不可缺少的基础。可以这样说，它是这种理论经济学的元语言。

问题2 封建社会向资本主义社会演进过程的结构-功能分析

从封建社会瓦解到资本主义社会刚刚确立的过程中，整个社会-经济系统的构成要素（如人、工具乃至生产组织形式——手工作坊）并没有多大变化，但是系统的结构——生产关系却发生了根本的改变。这种同质异构的现象在自然界更是屡见不鲜的，只不过更为纯粹罢了。

有这样一个道理：若要确定一个系统，除了必须指出它是由哪些元素构成的，还必须指明元素之间的关联。这已为大家所认识。

如果我们运用经济控制论所提供的方法和概念继续深究一下上述的过程，就会发现更多的道理。那就是：当资本主义社会取代封建社会之际，经济系统

的结构虽有了根本的变化，但其中多种基本功能（如生产、消费等）并没有多大的变化。当然，基本功能的特性得到了改善。如果把这个道理再拓广一点，就可以得到这样一个基本命题：一个经济系统在其演进的过程中，如若想保持自己质的规定性和连续性，那么，不论其结构历经何种变化，它的各种基本功能必须保持不变，同时某些基本功能的特性必须得到改善。否则，结构的变化将不利于系统的存在和发展，或者新产生的结构不能稳定下来。

这样我们就可以将历史唯物主义关于人类社会演进的质变-量变的科学论述加以丰富和推广。也就是说：人类社会发展的继承性、连续性主要体现在基本功能的不变性上，而人类社会发展的革命性和间断性主要体现在结构的变异性上。

以上两个问题不过是为了帮助读者体会一下经济控制论的概念和方法的用处，说明它确实能提供一些新的启发和知识。

第六章

经济时间和经济空间





小知不及大知，小年不及大年

——庄子《逍遥游》

在对世界的各式各样观察方式中……最有趣的方式之一是被设想为由模式组成的那个方式。

——维纳《人当作人来使用》

经济时间和经济空间是经济控制论系统存在的基本方式。因此，有关经济时间和经济空间的概念属于经济控制论概念体系的核心层次。

经济控制论系统不同于一般的物理系统（即实际物质构成的系统），同样，经济时间和经济空间也不同于一般的物理时间和物理空间（即实际物质世界的时间和空间）。经济时间和经济空间有自己特定的经济学内涵。

经济控制论有关经济时间和经济空间的概念，是由罗马尼亚著名经济控制论专家曼内斯库首先明

确提出的，尽管在此之前实际的经济分析就已经广泛地注意到这两个概念的内涵（例如，把时间作为离散变量来处理，并采用经济系统的状态空间表示）。然而，在经济控制论中正式明确地引入经济时间和经济空间这两个概念，却有着特殊的意义：一方面便于从经济学的角度更深刻地理解经济控制论系统的各种变量、这些变量之间的关系动态，另一方面便于利用各种现代数学手段对这些变量及其关系动态进行定量描述。

6·1 经济时间

经济时间的概念与各种经济活动所经历过程的持续时间或时间间隔（时期或周期）有关，它包含了各种经济过程的同步关系，前后顺序关系以及经济控制论系统活动的延续性和节奏性。

经济过程中的时间仅用一般的物理时间来描述是不够的。同样的经济活动在某一时期内和在另一时期内效果会大不一样。其中的关键在于：同样的经济活动，在相同的物理时间内，对于不同的时期来说包含着不同的国民工时量① 以及不同的工时效

①国民工时量是在一定的劳动强度下个人的社会劳动时间，用以衡量社会劳动量。

率。经济时间就要考虑到这种经济运行上的时间特征。这样，在比较同样机制的经济活动时可以强调其经济时间上的差异，从而把可资利用的国民工时及其效率考虑在内。

经济时间的涵义特别强调经济过程中节奏性和持续性的统一，强调经济活动存在着最小的不可分割的时间基元（“时间量子化”）——这是它往往能取为离散变量的根本所在。

实际的物理过程，一般讲，可以无限分割，以至形成“即时时间”（时刻）的概念，这一概念对于物理过程的描述是至关紧要的；许多物理量只有在这一概念的基础上才有物理意义（如速度、加速度等）。然而，对于实际的经济过程，情况就大不一样。任一经济活动必须在一定的持续时间中才具有经济意义；描述经济活动的各种变量往往对应于一定的时间间隔。因此，经济活动的节奏性与其持续性是不可分割的。在经济时间的涵义中正是体现了这一特点。在研究某一经济范畴时，其中经济过程的同时性概念所对应的是某一最小时间间隔——这种时间间隔在该经济范畴的意义下是不可再分割的，于是也就成了经济时间单位。这种经济时间单位是相对的，对于不同的研究对象取法是不同的。

这也就是说最小时间间隔是相对的。也正因为经济活动在时间上有最小不可再分的基元，经济时间可以说是取“量子化”的。

经济时间，往往可取为离散变量。因此，经济控制论系统往往是离散时间变量系统，相应的许多经济变量也就具有离散性。于是，在数学上，经济控制论系统往往可以作为离散系统来处理。

从经济时间的涵义可以引伸出最优经济时间概念。

考虑国民经济总控制论系统以及其中包含的各经济控制论系统时，往往要分析其中所运行的各种经济过程的最佳顺序、最佳同步关系以及最大限度地利用国民工时、发挥其效率，所有这一切都涉及到最优经济时间概念。

最优经济时间与经济时间的关系可参见示意图6.1.1。

对于不同的经济控制论系统或不同的经济过程，相应的最优经济时间是不同的，也就是其中所包含的各种共同的经济因素在运动和组合过程中要求的经济时间是不同的。例如，对重工业投资的资金周转一般要比对轻工业投资慢，在这个意义上讲，这两个过程所要求的经济时间不同，最佳周期

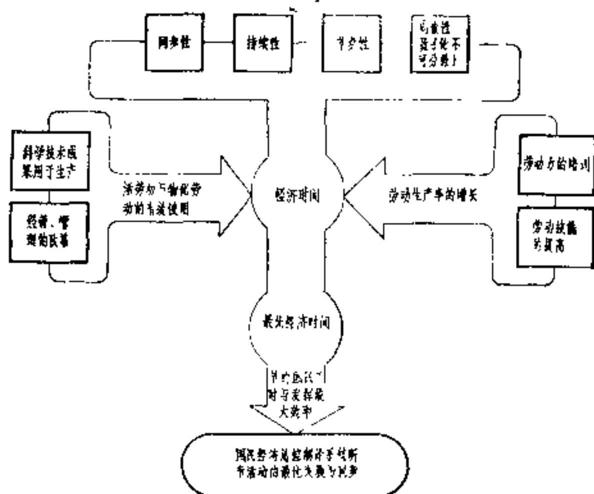


图6.1.1最优经济时间与经济时间

也不同。又如，某一部门的技术改造所需的时间以及该部门与其他领域技术改造的同步关系等方面与另外一些部门是不同的——这些显而易见的经济现象可以用经济控制论的最优经济时间概念来描述。

把握最优经济时间概念可以增强预测和计划的科学性。例如，在制定中长期战略和短期对策的过程中，需要全面考虑各种经济现象的最优经济时间问题。在编制国民经济发展计划时，究竟取多长的时期作为发展阶段，取决于对各经济部门的最优经济

时间的综合考虑。又如，在一个合理的开发规划中必须充分考虑最优经济时间问题，以便对不同部门、不同区域在发展的时间顺序上给出明确的回答——只有这样考虑发展和开发问题，才具有经济时空上的立体性。关于这一点我们将留在§6.4节中作进一步介绍。

6·2 经济空间

经济空间的概念是反映所有经济要素及其各种可能组合的一般方式，它可以看成是各种经济控制论系统（包括国民经济总控制论系统在内）的特征（输入、输出和状态特征）及其动态过程的参考媒介的一般表示。因此可以说，经济空间是充分描述各种经济控制论系统诸多性质的必不可少的基本要素的集合（总汇）。从数学上讲，这些基本要素构成了经济空间的坐标系。因此，经济空间概念具有经济内容和数学形式的双重涵义，它和物理空间的涵义迥然不同。

经济时空——经济时间和经济空间——是经济控制论系统动态结构的存在方式。经济空间是完备地描述经济控制论系统的所有变量及其变化状况和

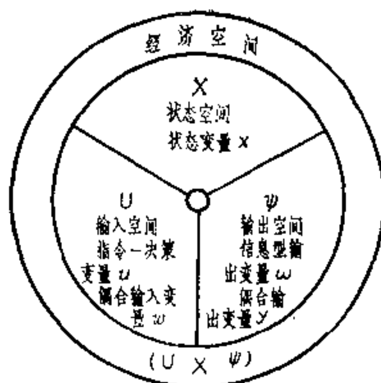


图6.2.1

变化范围的总和，它由经济控制论系统的状态向量空间、输入向量空间和输出向量空间的和集构成（参见图6.2.1）。经济空间具有内容上的相对性和形式上的多样性。虽然就组成要素而言经济空间都内含五种共同的经济物质-信息量(劳力、物资、能源、资金、信息），但是对于不同的经济控制论系统相应的有不同的经济空间形式（包括度规和范数），也就是说其中的五种经济物质-信息量的组合形态不同。

为分析一个经济控制论系统，首先要辨识其经济空间的具体形式：

1.对状态空间的辨识，即选取足以完备地描述经济控制论系统状态的变量，以保证状态空间成为相空间。

2.对输入空间的辨识，即选取经济控制论系统的输入变量。输入变量一般有两类：

——信息型输入变量。其中最重要的是指令-决策变量，它们表现了控制、调节系统所做出的选择。

——耦合输入变量。它们来自于其他经济控制论系统（即外系统），表现了所分析的经济控制论系统在物质上如何受到环境（外系统）对它的作用。

3.对输出空间的辨识，即选取经济控制论系统的输出变量。输出变量一般有两类：

——信息型输出变量。它们主要用来反映经济控制论系统的实际运行轨道（即其在状态空间中的描述点的轨迹），以便以此为依据对该系统进行控制和调节。

——耦合输出变量。它们来自所分析的经济控制论系统的输出，表现了它是如何联系（作用）它的环境的。

对国民经济总控制论系统的空间描述也就是对其状态空间X、输入空间U和输出空间Ψ这三元组

(U, X, Ψ) 的描述，它们形成了经济空间的最高层次，即囊括了对应于各种经济控制论系统的各种经济空间。

6·3 经济控制论系统在经济时空坐标系的数学描述

确定了经济控制论系统的经济时空概念之后，就可以建立经济时空坐标系，从而定量地描述经济控制论系统。描述的方式就是辨识经济控制论系统的经济时空变量，并按一定的经济控制论法则表示这些变量之间的关系，具体地说就是给出经济－数学方程。

经济时间一般是离散变量，即按时、日、周、月、季度、年度、数年等单位，取作 1，2，3，……，n，……等正整数值。因此描述经济控制论系统的经济－数学方程往往也是离散型的，它对应的是（高阶）差分方程，而不是象连续变量那样对应着（高阶）微分方程。设某经济控制论系统在 t 时刻的某一输出变量为 y (t)，而在以后不同时刻分别为 y (t+1)，y (t+2)，……y (t+n)；设该系统在t时刻的某一输入变量为 u (t)，而在以后不

同时刻分别为u (t+1) ,u (t+2)……, u(t+n),则描述该经济控制论系统的数学方程可以一般地表示为n阶差分方程：

$$y(t+n)+a_1 y(t+n-1)+\cdots+a_{n-1} y(t+1)+a_n y(t)=b_0 u(t+n)+b_1 y(t+n-1)+\cdots+b_{n-1} u(t+1)+b_n u(t)$$

不难证明，可以把这个方程变换为n个状态变量 $x_1(t), x_2(t) \cdots, x_n(t)$ 的一阶差分方程组，这叫做对经济控制论系统的状态空间描述。

只要令

$$\begin{cases} x_1(t)=y(t)-h_0 u(t) \\ x_2(t)=x_1(t+1)-h_1 u(t) \\ x_3(t)=x_2(t+1)-h_2 u(t) \\ \cdots\cdots \\ x_n(t)=x_{n-1}(t+1)-h_{n-1} u(t) \end{cases}$$

其中 $h_0, h_1, \cdots, hn$ 为待定系数，计算公式为

$$\begin{cases} h_0=b_0 \\ h_1=b_1-a_1 h_0 \\ h_2=b_2-a_1 h_1-a_2 h_0 \\ \cdots\cdots \\ h_n=b_n-a_1 h_{n-1}-a_2 h_{n-2}-\cdots-a_{n-1} h_1-a_n h_0 \end{cases}$$

于是可以得到状态方程（它是n个状态变量的一阶差分方程组）：

$$x(t+1)=Ax(t)+Hu(t)$$

和输出方程：

$$y(t)=Cx(t)+h_0 u(t)$$

其中 $\mathbf{x}(t)=\begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{pmatrix}$，

$$A=\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & \cdots & \cdots & -a_1 \end{pmatrix},$$

$$H=\begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_n \end{pmatrix},$$

$$C=(1,0,\cdots,0),$$

$$\mathbf{u}(t)=u(t),$$

$$y(t)=y(t)。$$

如果经济控制论系统的输入和输出不止一个变量，则可以用输入和输出向量代替上述公式中的输入和输出变量，得到类似的（但更为复杂的）结果。

6·4 经济时空概念和社会-经济发展的立体战略问题

首先我们要解释一下立体战略的含义。社会-

经济的发展战略，实质上就是对各种社会-经济要素在经济时间和经济空间中的通盘考虑。这就形成了各要素在经济时空坐标系中的立体结构。立体战略的含义就是从这里引伸出来的。

至于社会-经济发展战略为什么一定要和经济时空相联系，以下我们就制定区域经济的发展战略问题来作简要说明。

第一，人们在制定区域经济的发展战略时，首先要考虑的问题是如何保证在整体发展的前提下发挥各经济区域的优势。显然，由于社会-经济发展的不平衡性（这是绝对的），各经济区域，在自然资源、人力资源、现有的经济发展水平以及社会条件等方面，差别是很大的。因此，如何统筹规划、通盘考虑——一方面，国家要集中力量支持某些具有战略地位的区域经济优先发展，另一方面，又要保证其他区域最终都得到全面开发——就成了制定区域经济的发展战略中的关键一环。所谓具有战略地位的区域经济，就是该区域经济的发展可以促使整个社会-经济的发展，从而获得战略上的主动地位，即搞活一点（局部）带动一片（全局）。然而，某个区域经济是否具有战略地位，和最优经济时间有直接关系。在整个社会-经济不同发展时期，有不同

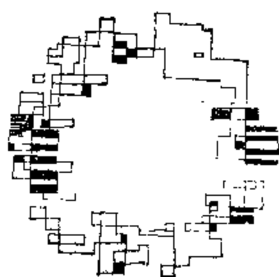
的最优经济时间，相应地，也有不同的具有战略地位的区域经济。究竟谁先谁后，谁重谁轻，谁突破谁接应，只有在经济时空的构架下对区域经济进行全面分析之后才能做出正确的判断，定出合理的（最优的）发展“序列”。

第二，某一经济区域的开发或发展，主要着重于发挥它的经济优势。这里涉及该区域中各种资源的合理开发和利用，某些经济部门的优先发展以及所有社会-经济部门的协调发展等问题。因此，也就产生了资源的开发和部门的发展等方面的先后顺序问题，产生了开发和发展的时间长短或周期问题——这一切都直接涉及到经济时间和最优经济时间概念。

总之，如果我们把整个国民经济或某个区域经济看成是经济控制论系统，那么，它们的各种基本要素构成了经济空间的基本坐标，并且在经济时间的顺序上有轻重缓急之分，在开发周期上也有长程、短程之分。因此，正确的通盘考虑的区域经济发展战略，必然是经济时空上的立体战略。

第 七 章

经济控制论法则



每人都在力图应用他的资本，来使其生产品能得到最大的价值。一般地说，他并不企图增进公共福利，也不知道他所增进的公共福利为多少。他所追求的仅仅是他个人的安乐，仅仅是他个人的利益。在这样做时，有一只看不见的手引导他去促进一种目标，而这种目标决不是他所追求的东西。由于追逐他自己的利益，他经常促进了社会利益，其效果要比他真正想促进社会利益时所得到的结果为大。

——亚当·斯密《国富论》

经济控制论是对经济的最优、平衡、按比例增长进行管理的工具。

——M.曼内斯库《经济控制论》

7·1 经济控制论法则

经济控制论的核心问题就是对经济过程的优化控制问题，因此经济控制论法则中最优控制法则占有重要位置。该法则有两层涵义：

（1）经济控制论系统中控制和调节过程的一般法则（这主要偏重于定性分析）；

（2）针对不同的条件和不同的目标，针对不同的系统和不同的过程，寻求最优控制（这主要偏重于定量分析）。

与一般的控制理论相同，对经济过程的优化控制也要讲究控制的稳定性和有效性。除此之外，对于不同的经济目标、不同的约束条件以及不同的经济控制论系统，最优控制具有不同的具体方式。

例如，经济的宏观系统和微观系统，在经济目标和最优控制上就有很不相同的特点。就宏观经济系统而言，尤其是对于社会主义经济体系，最优控制的经济目标在于最高速度地发展整个社会-经济，最大限度地造福于整个社会。因此，经济控制论法则的最重要的一环就是把国民经济的发展控制在最优、平衡、按比例的增长轨道上。所谓“最优”，就是在经济效益的涵义下对各种经济控制论系统的优化控制；所谓“平衡”，就是这种控制的稳定性和适应性；所谓“按比例”，就是这种控制对不同方面和不同层次上的各种经济控制论系统的优化问题要有统筹的考虑，从面使国民经济总控制论系统得以协调发展。就微观经济系统而言，首要

的控制目标是最大收益和最小耗费。当然，在这一目标下的种种收益究竟是和具体的生产者联系，还是和企业本身或企业的所有者联系，抑或和这一切作加权联系，会产生不同的经济过程。但是不管是怎样的经济过程，都要涉及到以实现最大收益和最小耗费为目标的最优控制问题。

因此，针对不同的目标和不同的经济控制论系统，虽然共同要解决的是经济过程的优化控制，但是所采取的具体形式是不同的，进而所选取的几种控制类型也是不同的。我们还是用简单的例子来说明。譬如：

硬性控制是控制过程中最低级的一种，只有内部联系相当简单、经济目标相当单一的经济系统才可以将它作为稳定而有效的控制手段。对经济过程的硬性控制在很大程度上是资本主义以前的传统社会所采取的，其经济目标往往只和少数决策者的利益相关；也只有在这种狭隘的目标下才勉强可以说有“优化”控制。对于当代的社会-经济过程，硬性控制除了勉强维持之外，很难谈得上什么“优化”问题。

简单的信息反馈控制一般都存在于独立性比较大（受环境的波动比较小）的、内部层次比较单一

的经济控制论系统。就当前中国的社会经济系统而言，农业经济系统是较简单、较幼稚的系统，可属此列。例如，以责任制为经营管理基础的生产单元，可以按其直接收益的信息反馈来调节其生产计划。一个农户在许可的条件下可以按农产品价格的高低、自然和技术条件的优劣来选择其种植品种，其目标就是获取最大的实际收益——这一过程以简单的（单回路的）信息反馈控制就足够应付了（见图7.1.1）。

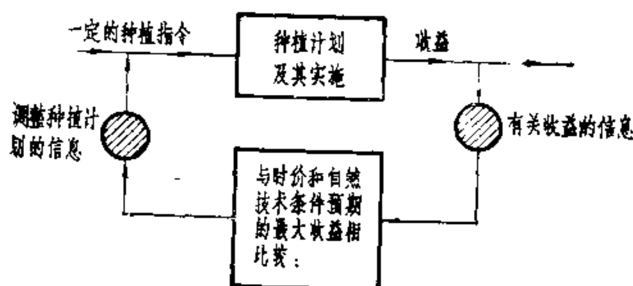


图7.1.1 包干农户的种植计划的选择和调节过程

然而，这种控制方式在复杂的经济活动中是难以实现最优、稳定而有效的控制原则的。尤其是对于具有多级递阶层次的经济控制论系统，必须采取多级反馈回路的多级控制机制才能实现优化控制。例如，一个经济部门可以用多级包干形式的责任制

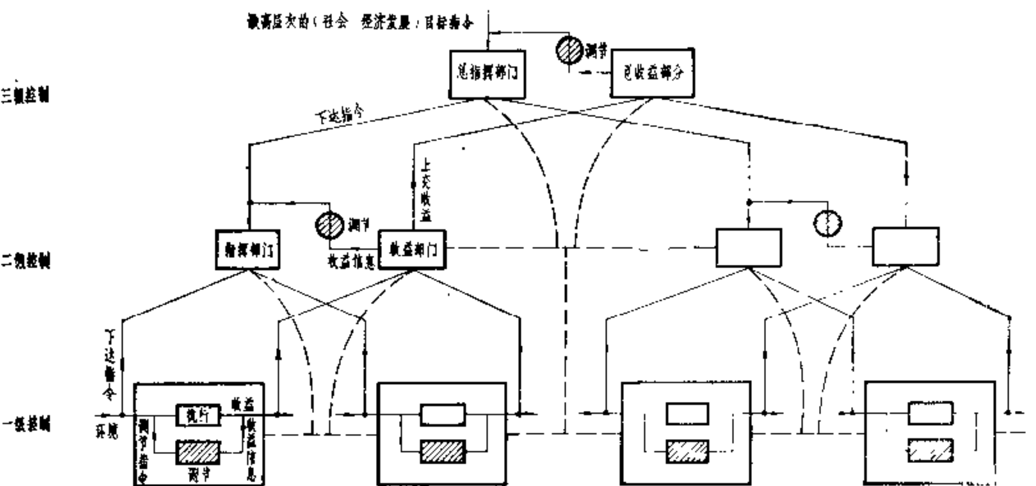


图 .1.2 多级包干责任制的控制示意图（虚线代表的是许 类似的但未画出的部门的联系）

来进行管理（见图7.1.2）。这种多级控制结构也有一定的缺点：在每一控制层次上都要确定下达的指令控制和本层的自我调节之间的“度”。如果这种“度”在初始确定时不够恰当，或者在发展过程中碰到某种未曾预见的干扰而使已确定的“度”变得不够恰当，那么，多级控制系统的平衡就失调了。在振荡不太剧烈的条件下（参见平衡稳定性的条件），平衡是有可能恢复的，但是在每一层中，振荡的收敛往往都有时滞(滞后)效应，因此，总不易达到理想的平衡状态，总体效果往往也就不很理想。一般讲，平衡的失调在多级递阶系统的“两头”显得更严重：照顾了微观经济（具体生产单元)的目标就照顾不了宏观经济(整个社会-经济实体）的目标；照顾了宏观经济的目标就照顾不了微观经济的目标。

针对这种状况可以采取这样的对策：以目标控制方式，让最高一级控制层次和最基层的控制层次之间直接“对话”，减少中间环节，提高控制效率。这也就是采取信息传输中“缩短链条”的方法，减少串联信道的个数（参见§3.7)。例如，在市场机制扩大的条件下最高控制部门以税收、金融和价格等经济杠杆，配合计划指令和经济法令，与基层

生产单位发生直接联系。这样，生产单位相对地获得产销自主权，其目标函数就是在一定计划约束下的利润原则（计划作为约束条件），而最高控制层次则以经济杠杆和指令、法令双管齐下进行总体调节，使整个生产符合社会-经济发展的总目标。当然，这种控制方式也不是尽善尽美的，最主要有两个问题：

(1) 从微观方面讲，由于市场机制涉及的因素很多，目标控制的跟踪过程未必总能顺利进行。因此，在一定条件下，尤其是时滞效应和不可预见的干扰超出了某些系统的自调节能力时，就引起部分振荡。这种振荡作为干扰又扩散到其他系统，造成新的振荡。如此反复下去（正反馈效应）致使整个大系统剧烈振荡——于是，危机出现了，最高控制层次若不采取非常措施就不能控制局面，而一旦采取了非常措施（主要是强化行政手段），原有的目标控制方式也就不复存在了。

(2) 从宏观方面讲，由于基层系统都按自己的目标调节，而最高层次的调节手段又过于简单，就可能发生难以应付的全局性的长程性的问题（如财政赤字、基本建设不足、技术改造不力以及能源危机和生态问题等），对整个社会-经济的发

展带来不良影响。例如，有些社会主义国家在改革中所实行的经济体制就出现过这样的问题。

综上所述，对于复杂的社会-经济活动，简单地采取某一种控制方式都未必能达到理想状态。因此往往需要针对不同情况，采取不同的控制方式并综合地兼收并蓄各种方式，还要随着发展进入不同阶段及时变更控制方式。近年来西方国家针对微观经济的最优控制问题运用了现代控制理论，取得较大进展。而东方国家则对宏观经济的最优控制问题做了大量的工作，也取得可喜的成绩。

7·2 控制的有效性和最优控制的概念

1. 控制的有效性

控制是一个多方案的综合过程。控制论系统所具有的自由度越多，它所执行的功能就越多样化，它的变量和参数的变化范围就越大，控制的可能方案也就越多。

应该选择能确保控制有最大效果的方案。为此，就有必要选用一种合适的测度以定量地表征控制的有效性，这个量就是有效性判据，

有效性判据的选择是根据系统的用途、系统运

行和发展的目标和条件来决定的。例如，控制一个企业的有效性判据可以是利润，控制一个工艺过程的有效性判据可以是原材料和半成品的消耗量。有效性判据通常是输出变量、输入变量、时间以及受控系统的参数等变量的函数。这个函数可以称为目标函数，它是控制目标在数量上的度量。

通常有效性判据是用来判断一个控制过程中控制的有效性的，反过来有效性判据作为目标函数又可以用来在一组控制方案中选择最优方案。这就涉及到最优控制问题。

2.最优控制的涵义

几乎一切经济控制论系统都涉及最优控制的问题。所谓最优控制可以理解为这样一组控制作用，它们满足加在系统上的限制，并保证符合最优标准——从经典控制理论来说，就是目标函数取极值，亦即有效性判据取最优值；从现代控制理论来说，就是目标泛函取极值。这里所讲的限制主要有如下几个方面：

(1) 在最优控制的过程中，受控系统的参数和变量以及控制作用等都只能在有限的范围内变化，不能超出一定的许可值范围；

(2) 对状态空间选取的坐标要有一定限制，

即选取的状态变量要保证状态空间具有相空间的性质（否则无从讨论，更无法进行运算）；

（3）对信息加工（即控制算法）的复杂程度和时间长短要加以限制（否则控制在实际上难以实现）；

（4）所用的信息总量也要有一定的限制。

3.经济过程中最优控制的两种常见类型是选择最优过程和选择最优策略。分别概述如下：

（1）选择最优过程

这是较简单较经典的一种最优控制问题。系统从一个状态向另一个状态过渡，可以通过多种过程达到，每一过程相应于一种控制作用。这时，最优控制问题就是从这些受控过程中选择出一种使控制作用最优的过程，这就是最优过程。

选择最优过程的方法往往用古典变分法，即拉格朗日乘数法则。它通过目标函数取极值，求得的最优解是一个不变常数，因此是静态最优解。

例如，若有需求函数

$$X = b - ap$$

其中X是销售量，p是价格，a，b为系数。总销售额，即总收益为

$$R = Xp = bp - ap^2$$

设费用函数为

$$C = cX + A = c\ (b - ap)\ + A$$

其中c为单位产品之可变费用，A为固定费用。因为利润为销售额和费用之差，所以利润

$$U = R - C = bp - ap^2 - c\ (b - ap)\ - A$$

最优控制就是目标函数(利润)取最大值，即

$$\frac{dU}{dp} = b - 2ap + ac = 0$$

解出最优价格为一不变常数

$$p = \frac{b + ac}{2a}$$

在实际上需求量不仅与价格有关，而且与价格的变化速度有关，因此问题就复杂得多，需要用现代控制理论来求解目标泛函的极值问题。

(2) 选择最优策略

最优控制问题还可以是最优策略的选择问题，即对于任一多级过程要对每一过程作选择，这些被选择的过程排成一个最优序列解，其中每一个所选择的过程未必是最优过程，但他们排成的多级过程序列对应着最优控制，这个最优的序列解就是最优策略。

例如，对厂矿企业进行技术改造时就会碰到最优策略的选择问题。简要地说，就是：为在一定时

期内更新设备、工艺流程和产品需要选择一个序列解，这个序列解包括每年所要更新的部分和因此在生产上遭受的损失以及当年所获的收益，选择最优策略的标准就是在规定的时期内厂矿企业获得的总收益最大。

最优策略的选择问题包含了这样的思想：在对多级控制过程的每一步骤进行选择的时候，不必计较其中某一步骤的得失，而应关注所有步骤造成的总体效果——这个总体效果和控制目标密切相关。因此，尽管目前的数学工具还不能对许多复杂的社会-经济问题给出定量的解，但是借助经济控制论的思想方法，我们可以给具有大量制约因素、层次繁多、极其复杂的社会-经济问题理出头绪、分清脉络，并勾画出采取最优策略各基本步骤的大致轮廓。这对于进一步深入研究或指导决策，意义是十分重大的。规划社会-经济体制改革方案的战略分析家们，如果谙熟最优策略的基本思路，依此对改革中社会-经济活动的机制替代的每一步骤和总体效果作定性分析，则势必有助于使改革平稳、顺利而富有成效，避免顾此失彼，造成社会-经济严重失调或剧烈振荡。

7·3 确定最优控制的一般方法

1.波特里雅金最大值原理简介

最优控制理论在经济中用得最多的方法是波特里雅金最大值原理。该原理将经济系统的状态方程作为约束条件，求一泛函目标的极值，其最优解是一随时间变化的函数，因此是动态最优解。

波特里雅金最大值原理被广泛地用来解决最优经济控制问题，如最优经济增长，最优积累率，最优设备更新设计，最优生产和库存计划，最优人员调配，最优价格，等等。

用波特里雅金最大值原理求解最优价格问题，可以充分考虑影响价格的诸多因素，所得的最优价格将不是一个不变常数而是随时间变化的函数式。

波特里雅金最大值原理是从古典变分法中的拉格朗日乘子法则到泛函分析的推广。可以简述如下。

设经济系统的状态方程为

$$\frac{dx}{dt}=g(x, t, u)$$

$$x(t_0)=x_0,\ x(t_1)=x_1$$

其中t为时间变量，x为状态变量，u为控制变量(即输入变量）。x_0，x_1为初、终态。设F（x，t，u）为该经济系统的有效性判据，则可以建立一个目标泛函。

$$\text{Max}_t\ I(\mathbf{x},\mathbf{u})=\int_{t_0}^{t_1}F(x,t,u)\,dt$$

由此可以得到最优解x*(t)，称为最优轨线。

2.离散型系统的最优控制问题

经济控制论系统在经济时空中一般是离散型系统。设某一经济控制论系统的状态方程为一阶差分向量方程

$$\mathbf{x}(t+1)=f(\mathbf{x}(t),\mathbf{u}(t)),t=0,1,2,\cdots\cdots,T-1$$

其中**x**（t）和**u**（t）分别为n维状态向量和n维控制向量。f（.，.）是n维向量值函数。初始条件为

$$\mathbf{x}(0)=\mathbf{x}_0$$

设该系统有目标函数

$$J_T=F(\mathbf{x}(T))+\sum_{t=0}^{T-1}L(\mathbf{x}(t)、\mathbf{u}(t))$$

其中L（.，.）是一维数值函数。则最优控制问题是：求满足状态方程（约束条件）的最优控制序列

$u^*(0)$，$u^*(1)$，……，$u^*(T-1)$，使目标函数J_T最优（最大或最小）。由此还可以求得系统的最优轨线$x^*(1)$，$x^*(2)$，……$x^*(T)$。

3.动态规划方法简例

最优控制问题的解法十分复杂，并非都能获得严格的数学解。贝尔曼首先提出了解决离散系统最优控制的方法：动态规划方法。该方法简易可行，可以解决多方面的问题。以下仅举一简单例子——包牧场养羊的经营问题，以窥见其一斑。

设某户包牧场养羊，所包期限N年。设目标函数J是包干期间的总收益。以Xi表示第i年年底出售羊只后所剩羊之总数（也就是第i+1年年初的总数），以Yi表示第i年年底出售羊的只数，C表示每头羊的平均收购价格。经营的最优策略问题是选择一个序列Y_1，Y_2，……，Y_N，使目标函数

$$J=\sum_{i=1}^{N} cY_i = \text{最大值}$$

这里有两个限制：

$$0\leqslant Y_i\leqslant X_i$$

$X_i\leqslant \bar{X}$（$\bar{X}$是牧场可养羊只的极限数）

设羊只的净增值率为K，则有

$$X_i = KX_{i-1} - Y_i$$

每一年出售羊只的数量会影响后几年羊只的数量（因为羊只本身是要繁殖的），所以不能采取在第N年以前就大量出售羊只的办法。按动态规划方法，可以从最后一年开始考虑。最后一年要把羊只全部售出，所以在该年年末有最大只数 $\bar{X}$ 是必要的。即$X_N = X$，显然$Y_N = X_n = \bar{X}$，而因为最后一年（第N年）年初的羊只数$X_{N-1} = \frac{X_N}{K}$，故由

$$X_{N-1} = KX_{N-2} - Y_{N-1} \quad 得$$

$$Y_{N-1} = XX_{N-2} - X_{N-1}$$

这里表明X_{N-2}取最大值可以保证Y_{N-1}取最大值；而X_{N-2}最大不能超过$\frac{\bar{X}}{K}$，因为照此到第N－1年年底末出售羊只前牧场上羊只总数达$\bar{X}$。由此得

$$Y_{N-2} = K \cdot \frac{X}{K} - \frac{X}{K} = \left(1 - \frac{1}{K}\right)\bar{X},$$

照此类推有

$$Y_{N-2} = KX_{N-3} - X_{N-2} = \left(1 - \frac{1}{K}\right)\bar{X}$$

……

直至第m年年初羊只总数不够$\frac{\bar{X}}{K}$，即$X_{m-1} < \frac{\bar{X}}{K}$，

此时有

$$Y_m = KX_{m-1} - X_m = KX_{m-1} - \frac{\bar{X}}{K}$$

因为在此之前不出售羊只（以保证达到每年年底出售羊只前总数为X），所以有

$X_{m-1} = K^{m-1}X_0$，X_0 为第一年开始养羊数。

至此，最优序列解为：

$$\underbrace{0, 0, \cdots\cdots}_{m-1\text{个}}, K^{m-1}X_0 - \frac{\bar{X}}{K},$$

$$\underbrace{(1 - \frac{1}{K})\bar{X}, \quad (1 - \frac{1}{K})\bar{X}, \quad \cdots\cdots}_{m-1\text{个}}$$

最大收益为$\left[(K^mX_0 - \frac{\bar{X}}{K}) + (1 - \frac{1}{K})\bar{X}(N-m)\right]c$。

7·4 对国民经济增长作最优控制的一般过程

国民经济增长的最优控制问题是在经济时空中进行的，因此属于离散型系统的最优控制问题。而在某种意义上可以说，经济控制论法则就是使经济

时空中的经济控制论系统的描述点运动保持在最优、平衡、按比例的增长轨道上。不同的经济控制论系统有不同的增长问题，以下我们较具体地介绍对它们进行最优控制的一般过程：

1.根据经济控制论系统本身的特点确定其经济目标，给出最优控制所要求的目标函数。

2.研究系统的经济空间和经济时间，由此分析系统的发展趋势、初始位置和边界条件，从而确定系统发展轨道的可达区域（可行区域）和增长区域。

3.通过目标函数来进行最优决策以确定增长区域中的最优增长轨道。

可以对这一过程作简单的经济数学表示：

设已知经济控制论系统在国民经济空间中的增长区域为φ。以X_t表示该系统在经济时间t时刻的状态向量，序列X_0, X_1，……，X_T表示该系统的增长轨道，简写为$\left\{X_t\right\}_0^T$

在增长区域φ内，从经济控制论系统的每一个初始状态出发都可以有许多增长轨道；如果系统从状态X_0开始，则以$X(X_0, T)$表示在时期〔0, T〕内该系统可能通过的所有增长轨道的集合。为此必

须选取一个目标函数来比较各个轨道。

设X为状态空间，Ψ为输出空间，则系统的活动效率可由目标函数集合

$$\varphi_i: X \rightarrow \Psi, \ i = 1, 2, \cdots, q$$

来度量。这样就可以按系统在时期〔0，T〕内所能达到的发展水平（以φ来比较）来比较各种可能的增长轨道：

如果在时期〔0, T〕的终点，系统在 $\left\{X_t\right\}_0^T$ 比在 $\left\{X_t'\right\}_0^T$ 所达的发展水平高，即

$$\varphi(X_T) \geqslant \varphi(X_T')$$

这个向量函数不等式代表了不等式集合

$$\varphi_i(X_T) \geqslant \varphi_i(X_T'), \ i = 1, 2, \cdots, q,$$

说明增长轨道 $\left\{X_t\right\}_0^T$ 比 $\left\{X_t'\right\}_0^T$ 更有效率。但是，对一个确定的初始状态X_0来讲，未必能在 $X(X_0, t)$ 中找到一个比所有其他的 $\left\{X_t'\right\}_0^T$ 在每个 φ_i $(i = 1, 2, \cdots, q)$ 上都更有效的 $\left\{X_t\right\}_0^T$ 来。这时，只有采取加权的办法：

对于每个φ_i $(i = 1, 2, \cdots, q)$都能找到一个在最终时期T时有最大发展水平（即$\varphi(X_T(i))$ 为

最大）的增长轨道 $\left\{X_t^{(1)}\right\}_0^T$ 来；这种增长轨道称为有效轨道。对于所有这样的判别标准φ_i，我们要寻求一个唯一的向量

$$V=(V^1, V^2, \cdots, V^q)。$$

以使某个有效轨道 $\left\{X_t\right\}_0^T$ 的加权标准

$$J=\sum_{i=1}^{q} V^i\varphi_i(X_T)$$

取最大值。这样，加权向量V确定了一个最优增长轨道 $\left\{X_t\right\}_0^T$，并定量地给出其相应的一组目标函数的每个φ_i的重要性程度的度量。

7·5 经济过程动态平衡的一般描述

对经济过程的最优控制在某种意义上也可以说是使经济过程处于动态平衡状态的控制。因此，有必要对经济过程的动态平衡作一般描述。

1．经济过程动态平衡的定性说明

经济控制论法则就是使经济时空中的经济控制论系统的描述点运动保持在最优、平衡、按比例的增长轨道上。其中的基本问题是辨识国民经济总控

制论系统的所有组成部分在增长过程中保持动态平衡的各种条件。

动态平衡反映了经济控制论系统在经济时空中演进和响应的特征，它表现为不断适应各种变化条件的一般趋势。具体而言，经济领域的动态平衡概念包括了很多内容，主要的是：它综合地表现了国民经济空间中各相关部分在时间上的协调与同步；它全面地表现了国民经济各方面、各部门、各组织和各地区之间的最优比例，表现了供给和需求之间的平衡；它充分地表现了有效利用人力、物力、财力，表现了随着劳动生产率的提高和技术水平的提高，成本下降，收益增加，产品和劳动质量的相应提高；以及表现了国家、部门、地方、企业和个人等五个方面的收支平衡。

2.经济过程动态平衡的定量描述

通过对经济控制论系统动态平衡的定量描述，可以给出上述具体平衡问题的条件。

经济控制论系统是由其状态向量X_t描述的，而状态向量在经济空间中的描述点的轨线$\left\{X_t\right\}_0^T$则代表了该经济控制论系统的发展状况。因此，分析经济控制论系统的发展轨道是经济控制论的基本问

题，最优控制问题、动态平衡问题都和它密切相关。

定量描述经济控制论系统的发展轨道是建立在对经济过程本身的认识基础上的。一般讲，与经济过程相对应的发展轨道 $\left\{X_t\right\}_0^T$ 是以趋势量g_t、波动量φ_t和随机量ε_t这三个向量构成的，它们各自表征了经济过程的某一方面的特点。

$$X_t = g_t + \varphi_t + \varepsilon_t$$

趋势量、波动量和随机量这三个向量各自表征的经济过程的特点不同，对它们的定量描述方法也不同。以下分别进行讨论。

（1）g_t，是趋势向量，它对于稳定的经济控制论系统来说是状态向量中的主要部分。在对经济控制论系统的一般描述中我们已经知道，在某个经济时间下的系统状态，取决于此时对系统的输入以及前一时间的系统状态。反过来也可以说，目前的状态也参与决定了下一时间的状态。趋势量正反映了前一时间的状态是如何决定着后一时间的状态的，也可以说，趋势量反映了在经济空间中系统状态描述点的演进方向。只要经济过程处于动态平衡——我们所要分析和讨论的也正是动态平衡——趋

势量就始终是状态向量的主要部分。

经济控制论对趋势的辨识是在某一类数学函数类L中找到一个最能反映（逼近）系统发展的具体函数$f_t \in L$，也就是使

$$\delta(f_t, X_t) = \min_{f_t \in L} \delta(f_t, X_t)$$

其中$\delta(f_t, x_t)$的形式可以选为：

$$\delta(f_t, X_t) = \sqrt{\sum_{t=t_0}^{t_p} |f_t - X_t|^2};$$

$$\delta(f_t, X_t) = \sqrt{\sum_{t=t_0}^{t_p} |f_t - X_t|};$$

$$\delta(f_t, X_t) = \max_{t_0 \leqslant t \leqslant t_p} |f_t - X_t|。$$

因此，对系统发展趋势的定量描述主要就是选择哪种类型的数学函数，这需要对系统的实际过程的特征进行分析。

（2）φ_t，是波动向量，它反映了经济过程中的非线性特征，这种非线性特征主要来于经济控制论系统在演讲过程中的外部条件的变化以及系统内部状态对这种变化的响应。就经济过程的动态平衡而言，这种波动是正常的。

造成波动的因素是多种多样的，具体讲主要有如下几种：新的技术和工艺引起某些生产部门更高速的增长；国内、外市场的需求变化；由于技术水平、管理水平的变化引起各部门在劳动生产率上的变化差距以及耗费与收益之间的变化差距；国民经济中的各部分之间以及国民经济与世界经济之间的关系不断加强和深化；某些部门由于种种不能预期的因素而未能完成计划任务。

造成波动的因素，有些是积极的，有些是消极的，有些是兼而有之的。经济控制论的定量方法就是要研究这种波动及其传播和响应的规律，以便有助于控制整个经济过程：将具有积极作用的波动更快地传播、扩散，使国民经济各部门迅速向领先增长部门看齐；将具有消积作用的波动尽快地消除，尤其是制止其传播造成正反馈振荡——总之，保持整个经济过程的动态平衡，使经济控制论系统始终处于最优增长的轨道上。

波动量的一般数学表达式可写为

$$\varphi_t = \sum_{r=1}^{n} \rho_r \cos\left(\frac{2\pi t}{\lambda_r} - \theta_r \right) ,$$

其中ρ_r，θ_r ($r = 1, 2, \cdots, n$) 是第r个状态变量的极坐标。

（3）ε_t，是随机向量，它反映了国民经济空间中的各种随机干扰。一般讲，如果随机向量ε_t的各分量具有高斯型、均值为零、彼此独立、分布相同等特征，那么，在使用二次规划问题来求解增长模型的过程中是可以消去ε_t的影响的。

7·6 经济过程稳定性的定量描述

稳定性概念和动态平衡概念是密切相关的。定性地说，稳定性是动态平衡的某种衡量。因此，可以从经济控制论系统所处状态与其平衡状态之间的关系中来定量地描述经济过程的稳定性。以下介绍其大要：

设某经济控制论系统的状态向量方程为

$$x_{t+1} = f(x_t, u_t, w_t)$$

其中$x_t \in x$（x为状态空间），$u_t \in u$（u为输入空间），$w_t \in \Psi$（Ψ为输出空间）。

设$x_e \in X$是系统的一个已知平衡状态，$x_0 \in x$是任一初始状态。

（1）若对给定的$\varepsilon > 0$，初始状态x_0在满足条件

$$\| x_0 - x_e \| < \varepsilon \text{时，有}$$

$$\lim_{t \to \infty} x_t = x_e,$$

则称该经济控制论系统的平衡状态为局部渐近稳定的。

（2）若对任何初始状态$x_0 \in x$皆有

$$\lim_{t \to \infty} x_t = x_e,$$

则称该经济控制论系统为全局渐近稳定的。

对于控制论反馈理论的基本公式

$$x = (E - \Lambda R)^{-1} \Lambda u$$

而言，若可以作展开

$$(E - \Lambda R)^{-1} = E + (\Lambda R) + (\Lambda R)^2 + \cdots\cdots$$

则基本公式可写为

$$x = [1 + \Lambda R + (\Lambda R)^2 + \cdots] \Lambda u。$$

该公式相当于差分方程

$$x_{t+1} = \Lambda (u_t + R x_t)$$

显然，在平衡状态时有

$$x_{t+1} = \Lambda u_t + \Lambda R x_t = x_t;$$

因此，平衡状态为

$$x_e = \frac{\Lambda u_t}{1 - \Lambda R}$$

设 $\bar{x}_{t+1} = x_{t+1} - x_e = \Lambda R x_t + \Lambda u_t - \frac{\Lambda u_t}{1 - \Lambda R}$

$$= AR\ (x_t - x_e)$$

$$= AR x_t。$$

因此，若初始状态为X_0，则

$$\bar{x}_1 = AR x_0,\ x_2 = (AR)^2 x_0,\ \cdots,\ \bar{x}_t = (AR)^t x_0;$$

故，当 $|AR| < 1$ 时

$$\lim_{t \to \infty} x_t = 0,$$

平衡条件是

$$|AR| < 1 \text{ 或 } |R| < \frac{1}{|A|}$$

称 $|R|$ 为控制系统的能力，$|A|$ 为受控系统的能力。对此，系统的稳定性可以分为五种（见图7.6.1)。

以下举例说明：

（1）动态凯恩斯乘数理论模型

公式：　$Y_{t+1} = cY_t + A$

平衡状态：　$Y_e = cY_e + A$

$$Y_e = \frac{1}{1-c} A \qquad \begin{cases} A = 1 \\ R = c \\ u = A \end{cases}$$

有　$\bar{Y}_t = |c|^2 \bar{Y}_0$

平衡稳定条件为 $|c| < 1$。

因为c是消费系数，原已假定$0 < c < 1$，所以凯恩斯乘数理论模型是渐近稳定的。

（2）动态马克思再生产模型

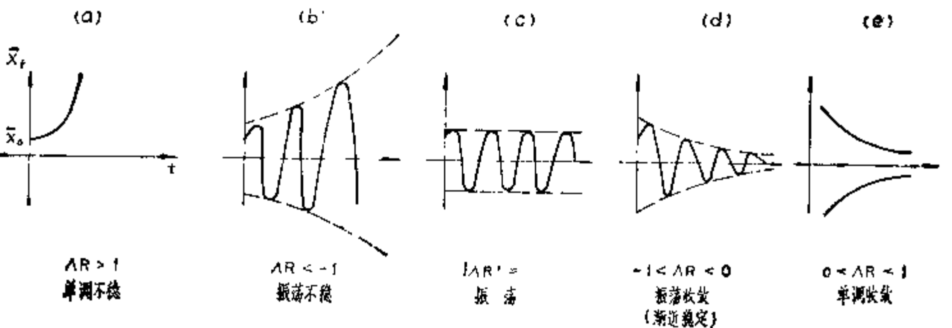


图7 6.1 经济过程的系统状态稳定性情况

公式：　$x_{t+1} = a_c x_t + (v+m)$　$\begin{cases} \Lambda = 1 \\ R = a_c \\ u = v+m \end{cases}$

平衡状态：　$x_e = \frac{1}{1-a_c}(v+m)$

有　$\bar{y}_t = |a_c|^t \bar{y}_0$

平衡稳定条件为 $|a_c| < 1$。

因为原已假定了 $0 < a_c < 1$，所以马克思再生产模型是渐近稳定的。

（3）动态市场价格模型：

公式：　$P_{t+1} = \frac{b}{a} P_t + \frac{\beta - \alpha}{a}$　$\begin{cases} \Lambda = \frac{1}{a} \\ R = b \\ u = \beta - \alpha \end{cases}$

平衡状态：　$P_e = \frac{\beta - \alpha}{a - b}$

有　$\bar{P}_{t+1} = (\frac{b}{a})^t \bar{p}_0$

稳定条件为 $\left|\frac{b}{a}\right| < 1$ 分别为图7.6.1的（d），（e）两种情况。当 $\left|\frac{b}{a}\right| \geqslant 1$ 时不稳态分别为图7·6·1的（a），（b），（c）三种情况。

第八章

经济控制论模型的建立



任何数学模拟技术也不可能把傻瓜变成智者。

——丹尼斯·米道斯言谈录

模型不论是采用有形形式还是采用数学术语，都可以成为问题基本组成部分的形式表示。

—J.N.R.杰弗斯语

有意识地建立模型，可以说是当代科学的一大特征或一大潮流。任何一门可以称为科学（无论是自然科学还是社会科学）的学科，一定有建立在自己概念体系上的各种模型以及由这些模型构成的综合模型体系，尽管有的学科并不把本学科中其实是模型的东西称作模型。

经济控制论把建立模型的问题作为本学科的核心问题，因为它进行分析和研究的全过程，都是从建立模型的目标出发并以所建模型解释和解决各种经济问题为终结。固然，运用经济控制论法则（尤

其是最优控制原理）来定量分析经济控制论系统，必须建立经济-数学模型。但是，经济控制论在建立模型上的主要任务有相互并行的两大方面：一是建立定性分析模型，二是建立定量分析模型。这两者无论从意义上讲还是从作用上讲，都同等重要，不可偏废。另外，需要提醒的是，决不能以为经济控制论所建的模型仅仅是数学模型，更不能以为建立模型单纯就是为了数量分析。

8·1 经济控制论模型的分类

经济控制论模型的分类标准有很多，主要可以举出下列六种：

模型所涉及的领域或范围；

模型的组成要素；

模型的状态；

经济控制论系统在模型中所表现的特征；

模型的适用期；

模型的量化程度。

下面我们就对这六个类别分别作简要说明：

（1）从模型所涉及的领域或范围来看，有：

国民经济总控制论系统的综合模型（体系）；

国民经济总控制论系统的各部分的模型。

（2）从模型的组成要素来看，有：

系统模型——把所研究的经济现象当作一个具有许多相互联结部分的整体加以说明；

过程模型——重点描述经济实体在其运动轨道（或区域）上的流程；

系统-过程组合模型——以上两种模型的组合。

（3）从模型的状态上看，有：

静态模型——假定系统是固定的或稳定的；

动态模型——反映系统内部或外部的动态特征。

（4）从系统的特征或经济学范畴来看，各经济控制论系统模型又可分为：

结构模型——反映系统内部关系的模型，如投入-产出模型；

行为模型——反映流经各系统的经济物质-信息流的种种变化的模型；

功能模型——反映被模拟系统对其他系统的作用的模型。

（5）从适用的时期看，模型可分为：

长期模型，中期模型，短期模型。

（6）从量化程度看，模型又有多种类型：

定性模型，如系统的关系框图；

经济-数学模型，即完全的数学模型；

介于这两者之间的各种不同量化程度的模型。

8·2 建立经济控制论模型的四个步骤

本节我们所介绍的建立模型的四个步骤主要是针对建立经济-数学模型而言的，但是对于建立定性模型来说也适用，只不过偏重于前一、二步而已。

建立模型的基础是主题S、被分析系统A、模型M这三者的对应关系。建立模型的四个步骤都是围绕着这三者的对应关系进行的。

1.第一步，定性模型的建立阶段。

首先把被分析系统A与一定的研究主题S对应起来，从而使被分析系统中与主题有关的诸因素（包括元素及其相互关系，包括系统与外部环境的关系等）抽象出来并概念化，成为定性描述系统的各种性质：P_1（A），P_2（A），…，Pn（A）。

在经济控制论系统中这些性质P_k（A）（k＝1，2，…，n）有三个层次：

第一层次——有关经济物质-信息的性质。这些性质主要反映如下两个方面的特征：

(1) 反映劳力、物资、能源、信息、资金等经济物质-信息方面的各种特征，如人力资源，财政收

支，设备与技术的供给量等；

（2）反映劳力、物资、能源、信息、资金等经济物质-信息方面的相互关系的特征，即它们的各种组合形式，如工资（劳力-资金组合），价格（物质-资金组合），利息（资金-资金组合）等。

第二层次——有关经济学范畴的性质。它们是综合上述（第一层次）诸因素而反映一定经济学范畴的各种性质，如劳动生产率，效率，盈利率等。

第三层次——有关经济控制论系统的性质。这些性质反映如下两个方面的特点：

（ ）反映元素之间、子系统之间的联系；

（2）反映系统与其他系统之间的联系。

系统性质P_k（A）（k＝1，2，…，n）的总体以及这些性质之间的所有联系构成了经济控制论系统的定性模型。

2.第二步，部分性质的量化模型阶段。

采用计量方法向定性模型的各种性质输入基本的数量信息。这些数量信息有两种：确定量和统计量。为获得统计量，需要采用各种统计方法，如回归分析方法等。

在这一步骤中系统的性质P_k（A）（k＝1，2，…，n）被量化为模型的性质P_k（M）（k＝

1，2，…，n）。

3.第三步，对模型性质之间的关系加以定量化的阶段。

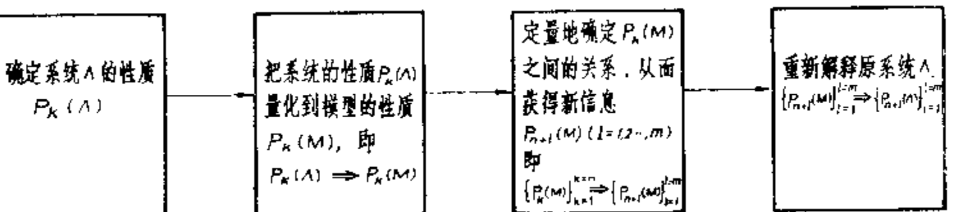
以各种模型性质Pk（M）（k＝1，2，…，n）之间在量上的关系来反映这些性质在整体上的质的特点。这也就是用现有的数学工具来研究模型性质P_k（M）（k＝1，2，…，n）之间在量上的关关，从而获得有关模型M的新信息。这些信息反映了模型的总体特征，如模型的各种量之间的拓朴结构，可观性，可控性，稳定性等，表示为P_{n+1}(M)，P_{n+2}（M)，…，P_{n+m}(M)。这些性质是以定量的方式在更高一级上反映系统的总体特征的。

在这一步骤中可采用的数学工具有各种最优控制的理论和算法，如古典变分法，波特里雅金最大值原理，线性规划法，贝尔曼动态规划法等。

4.第四步，完成模型阶段。

把从模型M获得的各种新信息P_{n+l}(M)（l＝1，2，…，m）转向原系统A，即结合原系统A，对模型的各种性质P_{n+l}(M)（l＝1，2，…，m）作定性解释，从而提供有关原系统A的新信息P_{n+l}（A）（l＝1，2，…，m）。

以上建立模型的四个步骤可用图8.2.1示意：


确定系统A的性质
$P_k(A)$
把系统的性质$P_k(A)$
量化到模型的性质
$P_k(M)$，即
$P_k(A) \Rightarrow P_k(M)$
定量地确定$P_k(M)$
之间的关系，从而
获得新信息
$P_{n+l}(M)\ (l=1,2,\cdots,m)$
即
$\{P_k(M)\}_{k=1}^{k=n} \Rightarrow \{P_{n+l}(M)\}_{l=1}^{l=m}$
重新解释原系统A
$\{P_{n+l}(M)\}_{l=1}^{l=m} \Rightarrow \{P_{n+l}(A)\}_{l=1}^{l=m}$
图8.2.1　建模四步骤

8·3 经济控制论系统的经济-数学模型

运用最优控制方法分析经济系统的根本任务就是建立和求解各类优化问题的经济-数学模型。这些模型通常所见的类型有：

1.状态向量方程——反映经济控制论系统本身的内在特性，它既是决策变量和耦合输入变量的函数，也是以前的状态向量的函数，属于差分方程

$$\mathbf{x}_{t+1}=F_t\ (\mathbf{x}_t,\ \mathbf{x}_{t-1},\ \cdots,\ \mathbf{x}_{t-\theta_1};\ \mathbf{u}_t,\ \mathbf{u}_{t-1},\ \cdots,\ \mathbf{u}_{t-\theta_2};\ w_t,\ w_{t-1},\ \cdots,\ w_{t-\theta_3})$$

$$t=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ T$$

最简单的是一阶差分方程，例如动态凯恩斯乘数理论模型

$$Y_t=cY_{t-1}+A_t$$

以及动态马克思再生产模型

$$\mathbf{x}_t=a_t\mathbf{x}_{t-1}+\ (V_t+m_t)$$

2.约束向量方程——反映经济控制论系统在发展过程中受到的各种限制条件：

$$\sum_{t=0}^{T}H_t\ (\mathbf{x}_t,\ \mathbf{x}_{t-1},\cdots,\mathbf{x}_{t-\theta_1};\ \mathbf{u}_t,\ \mathbf{u}_{t-1},$$

$\cdots, u_{t-\theta_2}; w_t, w_{t-1}, \cdots w_{t-\theta_3}) \leqslant \hat{H}_t$。

3.信息型输出变量的时空动态向量方程——反映经济控制论系统向总控制系统和调节系统传输自身状况信息的方式：

$\omega_t = \varphi_t (x_t, u_t, w_t)$；$t = 0, 1, 2, \cdots, T$。

4.耦合输出变量的时空动态向量方程——反映经济控制论系统把经济物质-信息量传输到国民经济总控制论系统其他部分的方式：

$y_t = \xi_t (x_t, u_t, w_t)$；$t = 0, 1, 2, \cdots, T$。

其中符号的各自涵义是：

T——经济控制论系统的被考察时间，以经济时间单位表示（经济时间t取为离散数值，最小单位为1，T是t可取的最大正整数）；

u——决策向量(信息型输入向量)，$u \in U$；

w——耦合输入向量，$w \in U$；

x——状态向量，$x \in X$

ω——信息型输出向量，$\omega \in \Psi$；

y——耦合输出向量，$y \in \Psi$；

$\hat{H}$——经济控制论系统所受的约束条件。

8·4 经济控制论模型意义的浅析

经济控制论力图为整个经济领域建立规范化的分析体系，因此，它所建立的模型就力求为这种分析体系支起框架。认识这一点，将有助于我们了解经济控制论模型的特点。

建立经济控制论模型不是为了零敲碎打地解决个别经济学问题，而是要体现经济控制论的思想主线，即它对整个经济领域所建立起来的新的统一的观点、新的概念体系和基本原理——在这样的基础上建立起统一的模型体系(如图8.4.1展示了一个模型组的框图)。因此，这就要求我们不能仅仅满足于从经济现象出发，找出各种可测变量，寻求这些变量之间关系的数量解，而且应该在建立模型的整个过程中始终和经济控制论的思想主线密切相联系。

就经济控制论模型的建立而言，首要的并不在于形式上的完美、推理上的严密和数量上的精确，而在于更明确、更清晰地揭示经济领域内的各种性质以及它们之间的关系，揭示这些性质和关系的变化特征，从而能对经济规律作全局性的把握。

在把握经济全局的背景下所建立的经济控制论

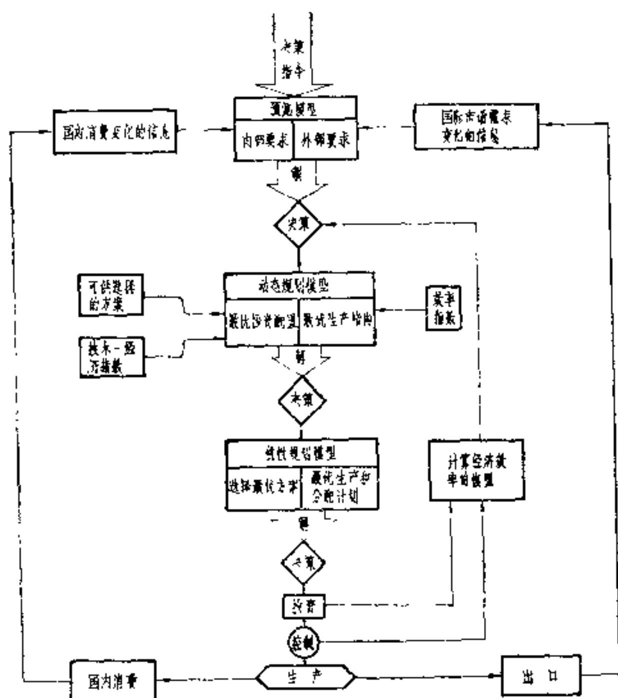


图8.4.1

模型，为清理各种错综复杂、层次繁多的经济问题提供了有力的分析武器。这种依托模型的分析武器并不单纯是为了给出定量的结论，更重要的是为了加强人们的直观判断力和洞察力，使人们面临经济问题时能对各种经济因素的制约关系和来龙去脉做到心中有数，从而在制定社会-经济发展战略、编制

经济计划和采取具体对策时能具有提供各种方案和选择最佳方案的主动性。

因此，在建立和运用经济控制论模型的过程中，定性分析的作用决不亚于定量分析的作用。

对于极其复杂的特大系统或超级系统来说，层次越低、越基本，数量关系就越简单、越明显——对此，定量分析的有效作用是不待言的。但是，在相反的情况下，层次越高，数量关系就越复杂——对此，定量分析就不易奏效，而且往往还因为只抓住零散的精确小数而丢失了影响全局的大数，这时定性分析却能以较简便的方法把握大数。因此，在人们的经济决策行为中越是涉及到重大问题（层次越高），所依据的定量分析就越少，也就越难做出定量判断。这时，决策者主要是凭着头脑中对经济模型、过程和机制的清晰图象，凭着对经济目标可达性的深刻认识来进行推断。由于对全局的定性分析增加了人们对事物的"穿透"能力，所以它对于保持决策者的清醒头脑意义是极其重大的。

正是因为有了上述对经济控制论模型意义的分析，我们才可以从经济控制论概念体系的核心层次转向它的展开层次，并由此求得对整个国民经济领域勾画出一幅清新醒目的图象。

第九章

国民经济总控制论系统



分析经济形式，既不能用显微镜，也不能用化学试剂。二者都必须用抽象力来代替。

——卡尔·马克思《资本论》

“国民经济总控制论系统”这一概念是罗马尼亚著名经济学家曼内斯库首先提出的。他运用经济控制论的基本观点和方法，在总体上和各个关键环节上对社会主义经济的运动规律作了全面而深入的探究。曼内斯库的分析方法有如庖丁解牛，层层剖析，游刃有余，条理清晰：从国民经济总控制论系统到组成它的三大类系统，从每一大类系统到其中的每一个系统，从每一个系统到其中的每一个子系统，都是逐次深入、步步为营的。同时，每一次分析都是从阐明概念、理清关系出发，逐步落实到定

性模型和定量模型的建立。在这样的基础上，最终把所有这些有层次、有联系的模型联成统一的整体，从而为整个国民经济建立起综合模型体系。曼内斯库的工作虽然还有不足、不妥和不尽完善之处，但它的首创性和开拓性无疑标志了社会主义经济理论研究的新高度和新阶段。

本书所确定的经济控制论概念体系的展开层次，正是建立在曼内斯库工作的基础上，并以他的分析方法和研究成果为"蓝本"的。

9·1 国民经济总控制论系统的概念

为了从定性和定量的两个方面描述社会主义经济体系，经济控制论引入了国民经济总控制论系统这一概念，并强调指出社会-经济发展的总目标就是实现对国民经济总控制论系统的最优控制。

国民经济总控制论系统是以国民经济空间中的各个系统和子系统组成的联系密切、层次繁多的超级系统。经济控制论的最终任务就是分析和研究这个超级系统。一般讲，这个研究任务可以从两个方面来展开。

1.就研究的过程而言，分为三个步骤：

（1）首先从经济控制论的基本观点出发勾画国民经济总控制论系统的轮廓；

（2）进而再逐个分析它的各组成部分，以及各组成部分之间的关系；

（3）最后又在总体上把握整个经济过程的规律。

2.就研究的特点而言，分为两个层次：

（1）首先着重的是确定和展开有关的概念，并借此描绘出整个国民经济的清晰图象；

（2）其次，在这个基础上建立模型，以期给出比较准确的数量关系。

第一层次的研究是经济控制论的定性分析，这是非常重要的开拓性工作，这项工作是经济控制论作为独立而完整的新兴的经济学理论的标志。第二层次的研究是经济控制论的定量分析，它展示了数量经济广阔的发展前景。

经济控制论概念体系的展开层次可以针对各种经济体制以及其中的各种问题。但是对于不同的经济体制和不同的问题，展开的侧重面会有所不同。以经济控制论的观点来看经济过程的运行和机制，社会主义经济有两个根本特征：全民利益原则和社会控制原则。全民利益原则就是以最大限度获得并

平衡国家、部门、地方、企业和个人的经济利益为社会-经济目标（其中包括对社会-经济发展的各方面、各层次、各阶段的目标的统筹考虑）。社会控制原则就是从整个社会的高度和范围来对经济发展进行最优、稳定而有效的控制（其中包括各层次、各方面、各阶段的受控和自调节之间的最优化关系，包括多级目标的协调和相应的多级控制）。就这两个根本特征而言，运用经济控制论对于从理论上深入探讨社会主义经济的规律具有特殊的意义。

9·2 国民经济总控制论系统的拓扑结构

所谓系统的拓扑结构，通俗地讲，指的是系统内部各个部分和各种联系之间的关系结构。本节将以粗线条勾出国民经济总控制论系统的轮廓，并罗列出它内部的各系统、子系统以及其间的各种联系。

根据各系统、子系统的行为和功能，可以把国民经济总控制论系统分为三个大类：经济控制系统，经济执行系统，经济成果系统（见图9.2.1）。

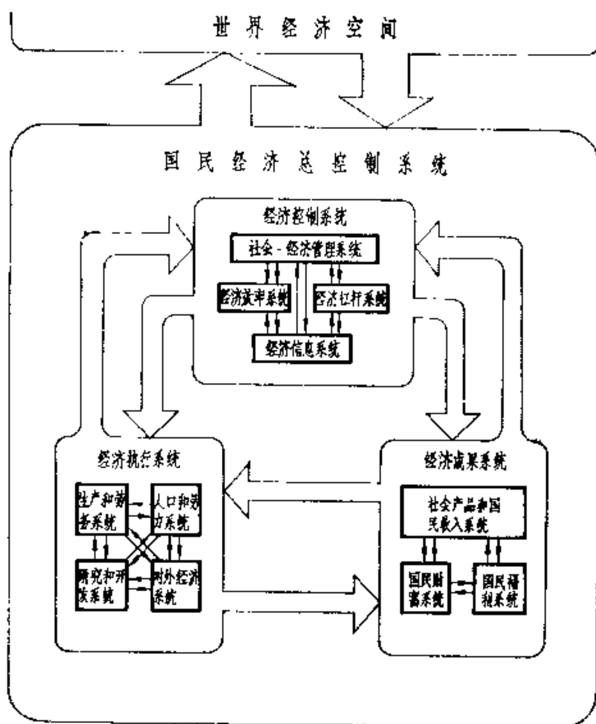


图9.2.1 国民经济总控制论系统

1. 第一大类是经济控制系统，它的功能是协调国民经济空间中所发生的所有活动以确保各级社会-经济目标的实现。

这一大类系统的中心部分是社会-经济管理系统。与中心部分相配合的有另外三个系统：经济信息系统，经济效率系统和经济杠杆系统。社会-经济管理系统根据社会-经济发展的目标，结合经济信息系统提供的经过加工处理的情报、资料，设计国民经济空间发展轨道的基本座标，向其它各系统、子系统发出决策指令或指导性计划；通过经济效率系统和经济杠杆系统，调节劳力、物资、能源、信息和资金等经济物质-信息流在其它各系统、子系统中的输入和输出，从而实现经济控制和调节的作用。

经济控制系统的这四个组成部分相当于国民经济总控制论系统的神经中枢和神经网络，它们的触角伸向整个国民经济空间的每个角落。经济控制系统的结构与国民经济总控制论系统的结构具有某种同构关系，即整个经济机体中每一个细胞的内部结构都与经济控制系统的各组成部分有某种（直接的或间接的）对应关系。例如，一个企业的车间，在它的生产目标上受到整个企业乃至整个部门的计划（指令）的支配，也受到经济杠杆的影响。在它的

生产过程中当然要受到相应的计划指导，也还会遇到各种经济效率问题，同时还不断向外输出它的各种经济信息。这些方面都和经济控制系统的四个组成部分有单向的或双向的、直接的或反馈的联系（对应关系）。

2.第二大类是经济执行系统，它的功能是完成实际的经济活动；可以说，这是狭义的生产、经营系统，其中主要的活动是生产、劳务、流通和科研。

这一大类系统的中心部分是生产和劳务系统。与中心部分相配合的有另外三个系统：人口和劳力系统，研究和开发系统，对外经济系统。生产和劳务系统是创造财富、增益福利的根本部分，其中包括了各个生产部门、服务部门以及流通部门——这些部门的良好运行是社会-经济目标得以实现的前提。人口和劳力系统是在创造财富、增益福利的过程中非常积极的部分，而研究和开发系统则在其中起着主导作用。对外经济系统通过商品、资金、劳务、技术等进出口以使得生产和劳务系统中的各过程能更良好地运行。

3.第三大类是经济成果系统，它的功能是把社会-经济领域内的成果转化为经济-社会领域内的成

累，最终实现国民经济空间中的社会-经济发展的各项目标。

这一大类系统按国家、部门、地方、企业和个人等五个方面来分享经济-社会财富，并在更高的社会-经济目标下为推动科技、扩大生产提供物质保证。它分为三个部分：社会产品和国民收入系统，国民财富系统，国民福利系统。

9·3 国民经济总控制论系统的三大类系统之间和内部的主要联系及流向图

系统（或部门）之间的联系就是经济物质-信息量从一个系统（或部门）流向另一个系统（或部门）。这些联系形成了复杂的流向图，在经济空间中织成多层次、多结点、多回路的网络。所有系统（或部门）的功能，各大类系统的功能以至国民经济总控制论系统的总体活动，都是在经济空间的这些联系中完成的。

国民经济总控制论系统由Σ表示，

$$\Sigma = \{C, I, \eta, F, L, Y, O, E; V, A, B; \Phi\}$$

其中 C——社会-经济管理系统；

I——经济信息系统；

η——经济效率系统；

F——经济杠杆系统；

L——人口和劳力系统；

Y——生产和劳务系统；

O——研究和开发系统；

E——对外经济系统；

V——社会产品和国民收入系统；

A——国民财富系统；

B——国民福利系统；

Φ——联系国民经济空间各组成部分的耦合向量。

耦合向量Φ以矩阵为元素，有如下形式：

$$\phi = (\phi_l, \phi_m, \phi_e, \phi_i, \phi_f)$$

其中ϕ_l——由劳力流产生的各种联系的矩阵；

ϕ_m——由物资流产生的各种联系的矩阵；

ϕ_e——由能源流产生的各种联系的矩阵；

ϕ_i——由信息流产生的各种联系的矩阵；

ϕ_f——由资金流产生的各种联系的矩阵。

从耦合向量φ可以看到各系统之间的联系：

信息流从其他系统（及子系统）最终流向社会-经济管理系统。有关的信息流包括：劳动生产率，

效率和盈利，社会产品量，物质消耗量，国民收入量，消费和积累资金，固定资产的动态，自然资源的利用，各部门的劳动力结构，科学技术的水平和研制状况，对外经济（进出口额、外资利用、劳务出口等等）以及社会福利、公共教育等问题。这些信息流有相当一部分要经过经济信息系统加工和整理之后再输入社会-经济管理系统。

在所有信息流中有一支决定性的信息流——决策流。它由社会-经济管理系统流向其他部门，涉及到生产和劳务的运行，国民福利的增益（包括人民生活标准、公共教育和国民健康的提高），人口的控制，劳动力质量的提高，科学技术的发展，以及对外经济政策的制定，等等。

劳力流是从人口和劳力系统流向生产和劳务系统、研究和开发系统与国民福利系统等系统的。它渗入其中的每个子系统和每个元素，在具体的运行机制上发挥着决定性的作用。

物资流、能源流和资金流是国民经济空间中的物质流，它们从生产和劳务系统、国民财富系统与对外经济系统等流出，或是在这些系统之间流动，或是在这些系统之外流动。物质流量包括：原材料，能源，固定资产，社会产品以及各种形式的资金。

流经生产和劳务等经济执行系统的人力、物力与财力流，都是在社会-经济管理系统的决策指令下受到控制的，也都是在经济效率系统和经济杠杆系统的作用下进行调节与自调节的。因此，它们可以在经济时空中、在流量的强度上取得同步和协调。人力、物力和财力等流，每输入一个系统就和其他流结合在一起，改变了自己原先的形态，以新的形态（新的形式和内容）输出到其他系统或部门中去。

在国民经济空间中，中心反馈联系是通过劳力流和物质流建立的，其过程如图9.3.1所示。在其中起调节作用的是劳动生产率、效率、盈利、金融和价格等经济杠杆以及计划指令、经济法令等行政手段。

在国民经济空间中各系统和子系统之间经济物质-信息流的流动大多数是双通道的；其中有些是直接双向的，有些则是经过反馈回路建立起来的（见图9.3.2）。

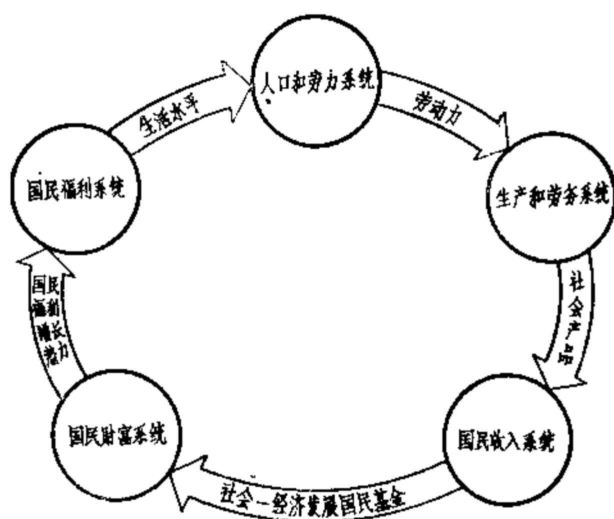


图9.3.1　国民经济空间的中心反馈

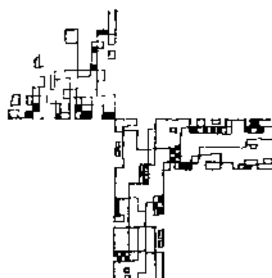
经济信息系统
经济决策系统
社会－经济管理系统
经济执行系统
人口和劳动力系统
劳动力
生产和劳务系统
研究和开发系统
课题
解决方案
社会产品和国民收入系统
社会产品
国民收入汇总子系统
再分配前的国民收入
物资成本
国民收入分配子系统
最终收入
国民收入使用子系统
积累基金
国民福利系统
国民福利的增长潜力
国民财富系统
人力资源
自然资源
已积累的产品
国民创造性潜力子系统
进口
出口
生产合作
科学技术合作
对外经济系统
世界经济空间

①社会－经济发展基金的分配
②社会－经济发展基金子系统
③社会产品生产部门的投资
④存量和储备的增长
⑤国家的科学和文化的投资
⑥社会－经济发展基金的形成

图 9.3.2国民经济总控制论系统流向图

第十章

经济控制系统



我们必须要有一个中央决策机构来对付所有这种方式的行为，特别是那些比较复杂的行为。这个中央决策机构根据反馈来的信息决定机器下一步的行动，并用类似于生命机体的记忆那样的方式把信息贮存起来。

——维纳《人当作人来使用》

共产主义运动的历史经验证明，社会主义各国必须选择适合本国国情的发展社会-经济的道路。采用经济控制论的术语来说，就是社会主义的经济体系存在着多种结构形式（模式）和多种控制方式。但是，无论是哪种模式，都必须有相当“权威”的控制中心和相当强度的集中控制。国民经济总控制论系统中的经济控制系统大类正是围绕着这一控制中心而建立的，它的核心功能就是集中控制。当然集中控制不一定完全都是计划指令式的程序控制，它可以辅之以各种形式的目标控制，并和分散控制相结合。

经济控制系统这一大类共由四个系统组成，它们是：社会-经济管理系统，经济信息系统，经济效率系统和经济杠杆系统（见图10.1）。分述如下。

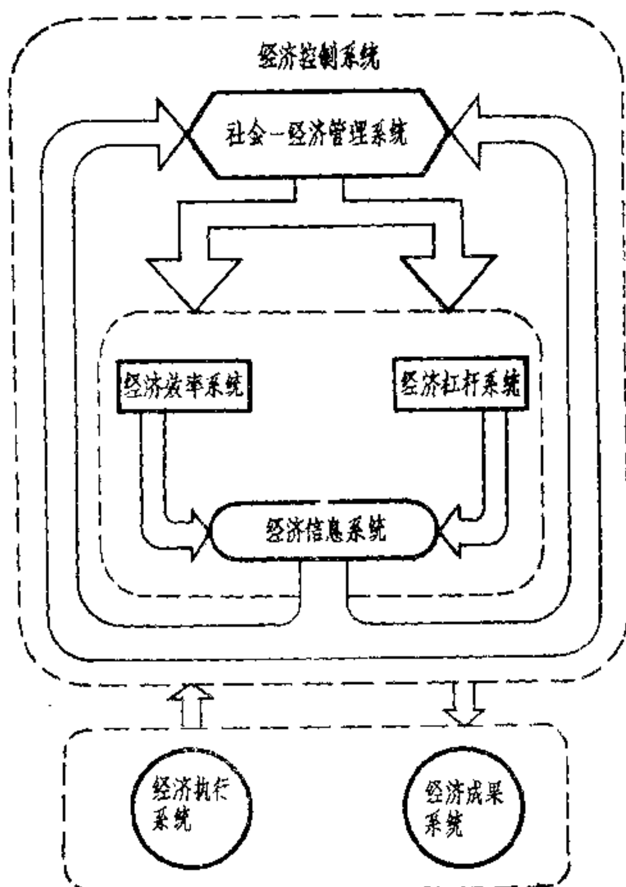


图10.1

10·1 社会-经济管理系统

1.结构和运行概况

社会-经济管理系统是经济机体的中枢神经系统，它指挥、控制、监查国民经济总控制论系统的每一组成部分在经济空间中的运动和发展，并使它们在经济时间上取得同步和协调。社会-经济管理系统的决定性部分是宏观经济决策机构，它按照国家社会-经济发展的总战略，确定经济的最优、平衡、按比例增长方向，并为其他经济控制论系统制定具体的目标、计划和任务——这些目标、计划和任务可以用指令方式下达（即通过计划指令进行程序控制），也可以用指导方式下达（即通过经济效率系统和经济杠杆系统进行目标控制）。具体运行概况见图10.1.1。

决策和指挥的前提是科学的预测，尤其是对各系统、子系统发展趋势的预测。所要预测的内容主要有：社会产品和国民收入的增长速度；劳动生产率和经济效率的提高速度；人口和劳力的构成；主要生产部门的动态；重点项目的发展；进出口和引进技术、吸引资金的可能性；科学和技术发展的优

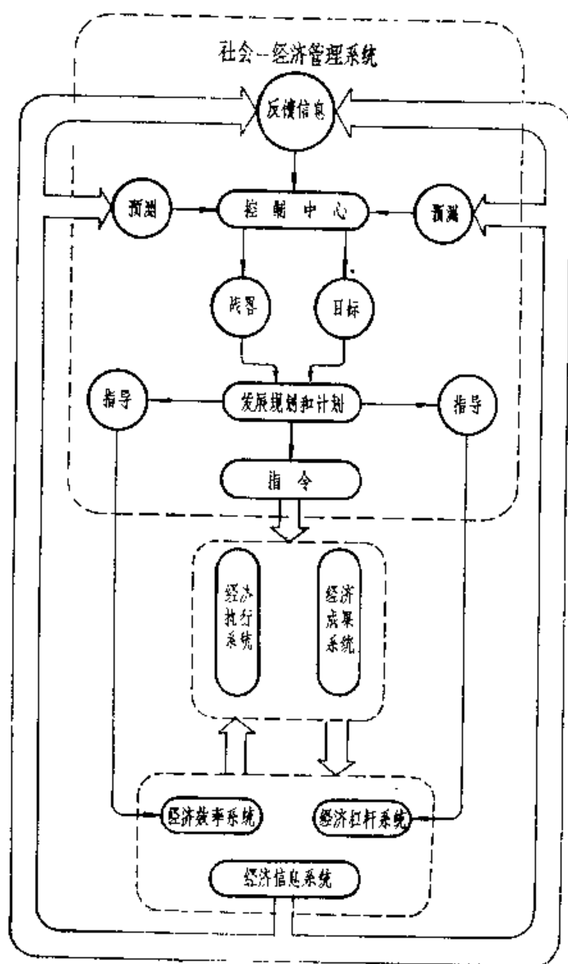

社会—经济管理系统
反馈信息
预测
控制中心
预测
战略
目标
指导
发展规划和计划
指导
指令
经济执行系统
经济成果系统
经济效率系统
经济杠杆系统
经济信息系统

图10.1.1

先领域；教育和培训问题；国家财政的平衡问题；国民福利问题（如城市建设和环境保护、生态等问题）。

预测过程首先是由经济信息系统对经济执行系统大类和经济成果系统大类的各系统的信息进行加工与整理，然后再输入社会-经济管理系统相应的预测模型中。通过预测，管理系统按照社会-经济发展的总战略所提出的目标来确定一整套以指令性决策和指导性决策构成的决策谱系。它们输入各执行系统和各成果系统中，并在经济效率系统和经济杠杆系统的配合下，使这些系统的每一部分，一方面都能按照社会发展的总方向运行，另一方面又都能按照本身可发挥的最大效果来运行，从而形成总体控制和局部调节、程序控制和目标控制、集中控制和分散控制相互和谐的运行机制。

由管理系统所发出的指令，是信息型输出变量。它输入各系统后，各系统即按此运行并将其运行状况的信息输入经济信息系统，经过加工后又返回管理系统。这样就可以监查各部门执行计划的状况又可以检验管理系统预测的科学程度以及控制的效果，并在此基础上进一步调整决策和指令——这就是管理系统的另一个重要的功能：自我调节功

能。管理系统的这种在所做决策和所发指令上的自我调节功能，是国民经济总控制论系统具有自控制机制的根本所在。

2.社会–经济管理系统的工作模型

社会–经济管理系统的工作模型是整个国民经济总控制论系统综合模型体系的核心。管理模型的主要功能就在于它的输出变量是决策参数，并以此来确定国民经济空间中其他系统和子系统的发展。模型的目标函数主要涉及到最大限度地获取国民财富和国民福利。

社会–经济管理系统的模型是具有离散变量的模型，这些离散变量组成管理的状态向量X_t。管理的状态向量X_t定量地描述了如下一些要素：

（1）人口的情况。如总人口，积极人口，人口的社会构成，性别的分布，人口的城乡分布等。

（2）国民财富的各组成部分。如人力资源，自然资源，固定资金，物资储备，货币储备，家庭储备，国民创造力等。

（3）国民福利的各组成部分。如健康水平，教育程度，公共设施，社会保险等。

（4）各部门、企业等的经济效率，如劳动生产率，效率和盈利等。

（5）生产和劳务，科研和研制等活动的水平。

（6）对外贸易，外资和技术引进的状况。

（7）财政收支平衡的状况，价格体系的状况。

（8）社会产品和国民收入水平。

以U_t为管理系统的决策输出向量，它的各分量值是由解管理模型得到的。这些分量涉及到下列宏观经济决策：

（1）国民收入中用于社会-经济发展的国民基金和消费基金这两部分的数量和份额。

（2）社会-经济发展基金中对生产和劳务系统的投资比重，尤其是对工农业、建筑、运输、商业等方面的投资比重；对社会文化、教育的投资比重；对城市建设、居民住宅的投资比重；对发展科学技术的投资比重。

（3）劳动力在国民经济各部门的分布。

（4）进出口额及其构成，引进技术和资金的运用状况。

管理模型的动态方程的向量形式为：

$$X_{t+1}=G_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t)\ ;\ X_0=\alpha$$

其中X_0为管理系统的初始状态，σ_t为信息型输入

向量，其分量描述管理系统从国民经济其他系统（模型）中所获得的信息。σ_t的各分量包括如下信息：

（1）为生产和劳务系统增长所必需的物力和财力资源；

（2）人民的消费需求；

（3）科学技术和研制的动态；

（4）对外经济交流的发展水平。

对于信息型输出变量U_t（决策向量），还可以根据实际经过的历史状况，根据社会-经济未来发展的目标等，作适当范围的限制，即确定出许可指令区域u。u可以表示为集合u_i的加氏积：

$$u = \prod u_i ,$$

其中u_i是决策向量U第i个分量的变化范围。

在管理模型的向量方程中还要加入系统所受的约束条件。这些约束条件的数学关系式反映了利用自然资源方面的经济政策问题，提高技术-经济水平等方面的问题以及有关国民福利方面的问题。所有约束的集合以向量表示为

$$\sum_{t=0}^{T} H_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t) = \Lambda;$$

其中T是给定时间，Λ是发展规划中的任务向量。

运用最优控制等经济-数学方法可以确定模型的可观性、可达性和控制区域，它们都取决于许可指令区域、约束向量方程和管理向量方程的结构。

此外，考虑到国家社会-经济发展战略或目标，加上可达区域的限制，管理系统还要划定各系统的“发展区域”P_t，并通过输出向量W_t来控制各系统在发展区域中的演进。W_t的分量涉及：

（1）国民收入和国民福利各部分的构成和数量；

（2）代表国民福利水平的指数；

（3）劳动生产率水平，经济效率的高低；

（4）对外经济各方面的效能。

输出向量满足方程：

$$W_t = \varphi_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t)\ \epsilon P_t。$$

这个方程也是管理模型的一部分。因此，总的管理模型可以写成如下三个向量方程组和其他的约束条件与初始条件：

$$X_{t+1} = G_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t)\ ;\ X_0 = \alpha$$

$$\sum_{t=0}^{T} H_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t)\ = \Lambda$$

$$W_t = \varphi_t\ (X_t,\ U_t,\ \sigma_t)\ \epsilon P_t$$

$U_t \in u_t$; $t = 0, 1, 2, \cdots, T$。

其中的数据是由经济信息系统中的数据库提供的。

国民经济总控制论系统的最优增长轨道是从管理模型的许多可达轨道中通过最优化过程选择出来的。为实现最优化,需要确立目标函数。因为社会-经济发展涉及多方面问题，往往有几个目标函数。在这种情况下就要把目标的重点放在最大限度地获得国民收入、国民财富和国民福利上（当然根据不同的发展时期、不同的重点任务也可以有不同的侧重方面）。这样就可以采用最优控制的数学方法：

$$\operatorname{Max} J(X, U) = \operatorname{Max} \sum_{t=0}^{T} \beta_t (X_t, U_t, \sigma_t)$$。

这样，管理模型就成了含有离散变量的动态规划模型。由此可求得管理模型的最优控制过程，即输出的决策向量序列：

$$\left\{\widetilde{U}_t\right\}_0^{T-1} = \left\{\widetilde{U}_0, \widetilde{U}_1, \cdots, \widetilde{U}_{T-1}\right\}$$

管理系统输出的最优决策向量$\widetilde{U}_t$可表示为

$$\widetilde{U}_t = \xi_t (\widetilde{X}_t, \widetilde{X}_{t-1}, \cdots, \widetilde{X}_{t-k}; \sigma_t, \sigma_{t-1}, \cdots, \sigma_{t-k})$$

这就是经济控制论的管理方程。可写为分量式：

$$\widetilde{U}_t^i = \xi_t^i(\widetilde{X}_t, \widetilde{X}_{t-1}, \cdots, \widetilde{X}_{t-k}; \sigma_t, \sigma_{t-1}, \cdots, \sigma_{t-k}), \quad i = 1, 2, \cdots, n$$

分量$\widetilde{U}_t^i$定量地表示了向国民经济空间各系统、子系统输入的最优控制决策。

国民经济总控制论系统的最优轨道则由最优状态向量$\widetilde{X}_t$和最优输出向量$\widetilde{W}_t$的方程——即发展方程——来表示：

$$\widetilde{X}_{t+1} = G_t(\widetilde{X}_t, \xi_t(\widetilde{X}, \sigma), \sigma_t);$$

$$\widetilde{W}_t = \Phi_t(\widetilde{X}_t, \xi_t(\widetilde{X}, \sigma), \sigma_t);$$

其中的量ξ是由管理方程提供的信息来决定的。

10·2 经济信息系统

1.经济信息系统的任务

经济信息系统的任务是为国民经济最优增长模型的设计提供必要的信息。具体地说就是获取国民经济各系统运行的状况，即不断计算各系统的状态向量、输出和输入向量等值，计算各系统之间直接联系和反馈联系的强度，并把它们与目标参数相比

较以确定现实状况与预期状况偏离的大小。由此就可以使管理系统能有效地发出控制决策，以保证各系统在最优发展轨道上运行。

为了完成经济信息系统的任务，在处理信息或数据的过程中既要保证静态上的精确性，也要保证动态上的精确性。所谓静态上的数据处理就是收集、记录、认证、计算、储存和传输数据的过程；所谓动态上的数据处理就是保证收集、记录、计算和传输的过程与实际的经济运行过程相合拍。只有在动态上保证数据处理的精确性才能发挥经济信息系统的有效功能。

2. 经济信息系统与其他系统的联系

经济信息系统的各种构成元素及其间的联系遍布于整个国民经济空间。它们以分级和分片的结构形式（纵向和横向的形式）和国民经济总控制论系统的所有组成部分（纵向的是个体-企业-部门-中央的有关控制中心；横向的是地方的各级层次）相对应。在这层意义上可以说经济信息系统与国民经济总控制论系统之间存在着同构关系。同时，经济信息系统与社会-经济管理系统之间也有这种同构对应的关系。这是管理系统得以有效运行的保证。一旦这种对应关系发生了故障（信息壅塞或失真），

就必然影响管理系统的控制功能，引起整个国民经济状态的紊乱。在实际的经济过程中，尤其是在高速发展或增长的经济体系中，很容易发生这种现象，必须引起密切的注意。

经济信息系统与其他各系统之间有如下几方面的联系（参见图10.1，图10.2.1，图10.2.2）：

（1）与经济效率系统的关系是：记录各单位劳力的使用效率——在整体意义上讲就是记录劳动生产率；测量和比较各种经济活动的成本与收益，记录各种经济活动的效率；衡量和记录对自然资源、劳力资源和外资等方面的利用水平。

（2）与经济杠杆系统的关系是：记录各部门的现金流动量，财政金融的平衡状态以及价格体系的状况。

（3）与人口和劳力系统的关系是：记录和整理各种人口统计学资料以及各经济部门的劳动力构成。

（4）与研究和开发系统的关系是：记录国内的科研、研制和技术的发展水平，记录科学技术在各部门的应用情况；和世界的整体情况、世界的先进水平相比较以指明本国科学技术的发展方向及其实现所必备的条件。

（5）与生产和劳务系统的关系是：记录、计算和比较各种经济活动的进展状况，包括生产状况、供求状况，原材料、能源、资金和劳力的消耗、效益、盈利率、库存量，价格以及生产质量等等。

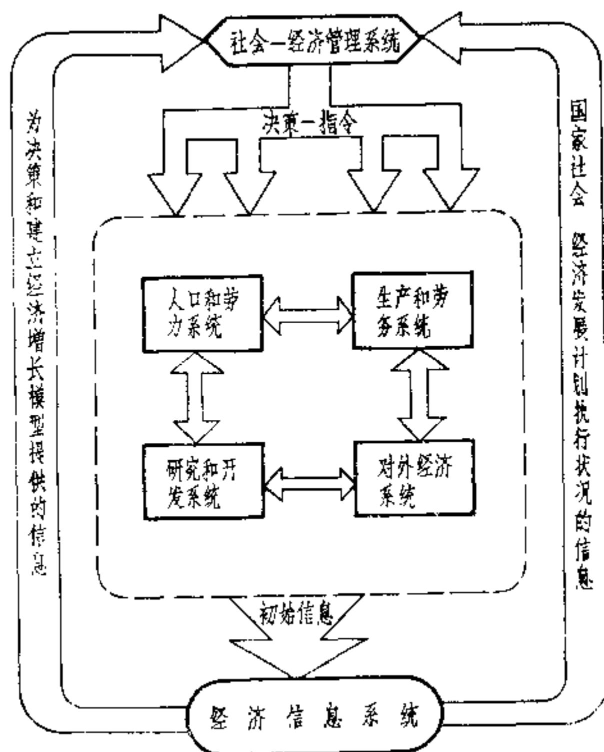


图10.2.1

（6）与对外经济系统的关系是：报告国际市场的行情（商品之供需，价格及金融等问题）；记录本国各方面的外贸、外资状况。

（7）与社会产品和国民收入系统的关系是：记录和分析各部门经济增长的速度、比例和相互关系，为管理系统在投资分配等方面的决策提供必需的数据。

（8）与国民财富系统的关系是：掌握固定资金的数量、结构和变化状况；掌握自然资源、物资、货币的储备状况；掌握人民生活日用品的数量、结构和变化状况。

（9）与国民福利系统的关系是：全面分析人民的物质和文化水平的提高以及教育、卫生、其他公共事业的发展。

由于在经济时空中的各种活动不断发展，经济信息系统要相应地不断发展，使信息流不断更新；同时还需要在和其他系统的联系上能够做到一方面取消过时的旧关系，一方面建立及时的新关系，这对当代信息社会来讲是至关紧要的。

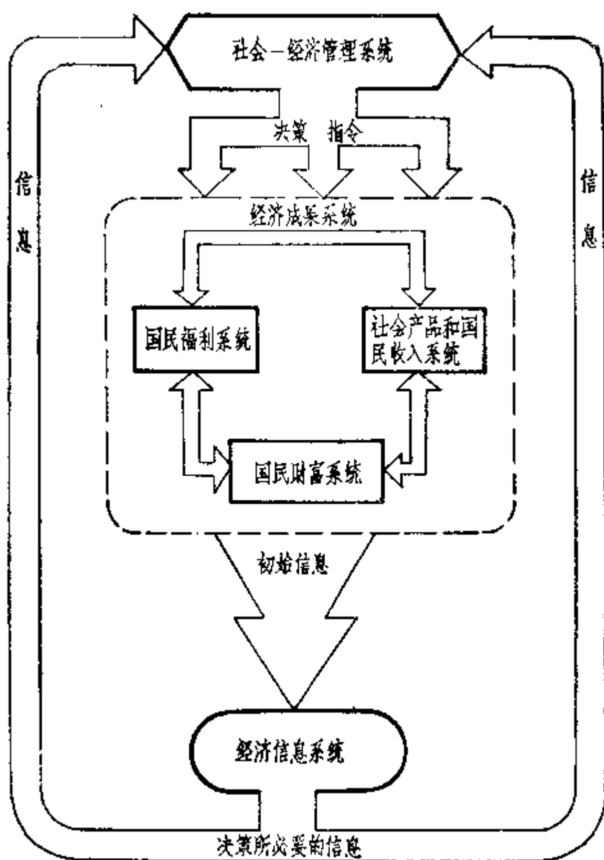

社会—经济管理系统
决策 指令
信息
信息
经济成果系统
国民福利系统
社会产品和国民收入系统
国民财富系统
初始信息
经济信息系统
决策所必要的信息

图10.2.2

10·3 经济效率系统

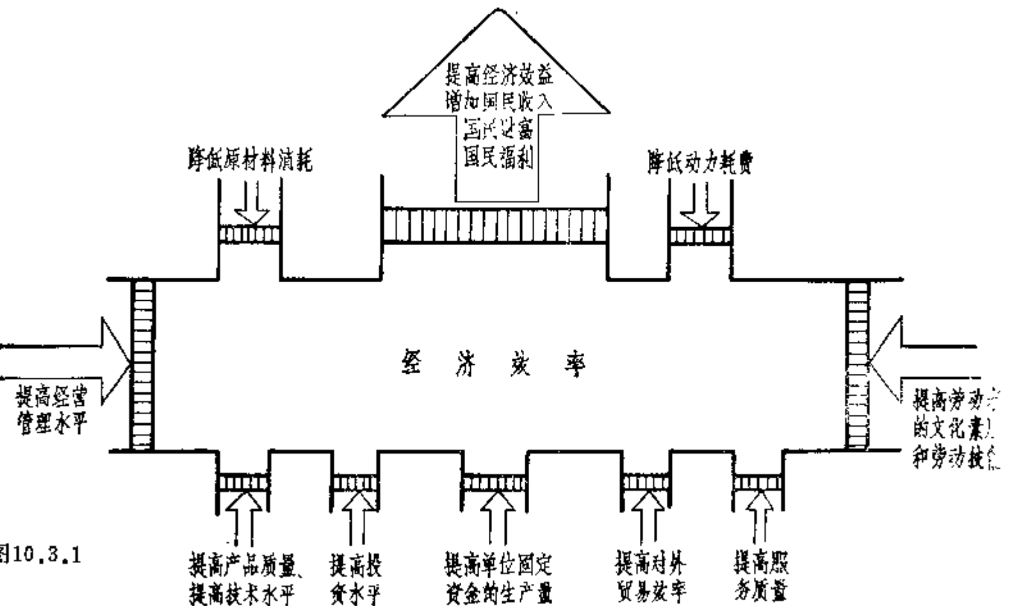
经济效率系统对各种经济控制论系统的运行起着调节作用，它以效率为参数使各系统在发展过程中保持在最优增长轨道上（参见图10.3.1）。这个系统如同社会-经济管理系统和经济信息系统，遍布于整个国民经济空间。它分为两个子系统：劳动生产率子系统，效率-盈利子系统。分述如下：

1.劳动生产率子系统

在实际的经济运行机制中，劳动生产率的高低是国民经济各部分增长的重要判据。因此，劳动生产率子系统起着调节各系统运行的重要作用。

这个经济效率系统的子系统同样也渗入到经济领域的各部门中，一方面指示每个部门劳动力的使用效率，一方面又按照劳动生产率这一指标来调节与之有关的其他系统，使劳动生产率得以提高。与劳动生产率有关的经济因素主要有如下几个方面：

（1）与劳动力开发有关的各种因素：劳动力的职业结构（社会分工的深度和广度），劳动力的受教育程度，劳动力在各部门的分布，实际工作与培训相结合的状况，等等。


提高经济效益
增加国民收入
国民致富
国民福利
降低原材料消耗
降低动力耗费
经 济 效 率
提高经营
管理水平
提高劳动
的文化素
和劳动技
提高产品质量、
提高技术水平
提高投
资水平
提高单位固定
资金的生产量
提高对外
贸易效率
提高服
务质量
图10.3.1

劳动生产率子系统调节着与这三方面的因素相应的各系统的运行，以最终促使劳动生产率的提高。其中受影响最大的是人口和劳力系统中的人口资源子系统、公共教育子系统以及研究和开发系统。调节的方式采取直接的和间接的两种。直接调节就是通过信息输入的形式使这些有关系统的活动发生变化而促进劳动生产率的提高；间接调节就是将有关劳动生产率的信息（通过经济信息系统）输入管理系统，再由管理系统向有关系统发出指导性或指令性决策信号以促使劳动生产率的提高。

劳动生产率子系统的优化过程在实质上就是力求最有效地利用国民工时的过程。为此，经济控制论要建立劳动生产率子系统的优化模型和相应的方程，如劳动生产率增长方程，劳动生产率与固定资产所具有的技术、技能水平之间关系的经济-数学模型，以劳动力为单位的投入-产出模型，劳动力合格程度与劳动生产率增长之间关系的经济-数学模型，等等。所有这些模型都要以劳动消耗和劳动成果之间的比较为判据。

2.效率-盈利子系统

使国民经济总控制论系统各组成部分的所有活动都能够高效率运行，这是最优经济增长的一个重

要方面。对于其中的许多经济部门或经济单位来讲，就是要争取较高的盈利。因此，经济效率系统的另一个重要组成部分是效率-盈利子系统。这个子系统的功能是通过不断地对国民经济空间中各种活动的成本和产出进行比较，直接或间接地调节这些活动，以保证最优经济增长。

效率-盈利子系统与劳动生产率子系统一样，遍布于整个国民经济空间。对于每个经济实体而言，生产、交换、分配和消费过程中的效率或盈利的最大化规律是普遍有效的。它或者以信息输入的方式直接影响经济空间中各系统、子系统的活动，或者经过社会-经济管理系统（尤其是其中的宏观经济决策机构）向其他各系统、子系统发出指令和进行指导。

效率主要联系于生产和劳务、科学技术发展、对外经济活动等实际的经济过程。而盈利主要联系于国民财富和国民福利的增长。

对于效率-盈利子系统的运行问题，经济控制论建立了几种模型，作为解决问题的数学工具，以获得降低成本、降低单位消耗（降低能源、物资、资金以及人力的消耗）的最佳方案，这些模型涉及到如下的内容：保证不断提高产品质量，合理利用

能源和物质，保持适当的库存量，加速资金周转，有效使用固定资产和整个生产能力，不断实现技术改造并使投资优化，使对外经济活动的盈利增加，等等。对于如此广泛的任务要用许多不同类型的经济控制论模型，如生产的线性规划模型、非线性规划模型、随机规划模型、生产计划模型、最优资源利用模型（最优资源配置模型）、最优库存模型，等等。

在有关经济效率的各种经济控制论模型中经常使用的一种是投入-产出模型，既有劳动生产率的投入-产出模型，又有效率-盈利的投入-产出模型。前者以劳动工时为单位、以劳动的使用率为指数，后者以活动的效率为指数（主要是几个宏观经济指数）。

10·4 经济杠杆系统

1.经济杠杆系统概述

经济杠杆系统是贯穿于一切经济组织的协调系统，它配合社会-经济管理系统直接调节国民经济总控制论系统中各系统、子系统的活动，使整个国民经济得以沿着最优增长轨道发展的控制机制更加

完善、稳定和有效。

金融、财政杠杆（包括税收、利率、提留等方面的政策）和价格杠杆是有效地实现社会-经济管理系统的中心控制的重要工具。就现行的以计划经济为主、以市场调节为辅的社会主义经济而言，要保证各经济控制论系统内部或相互之间的动态平衡过程，金融和价格的调节手段具有极其重要的作用。这些经济杠杆一方面通过经济效率系统在各部门、各单位的自我调节中直接起作用，另一方面又以财政核算和预算的方式通过社会-经济管理系统来对各部门、各单位的活动进行指导或发出指令。

从宏观经济的角度来看，经济杠杆系统主要是处理金融与价格问题，通过预算和核算记录货币流量和财政资金的平衡状况，记录各部门、各单位的经济收益和国民财富的管理效率。

经济杠杆系统遍布于整个国民经济空间。从微观上讲，它关系到经济机体的每个细胞的正常活动；从宏观上讲，它影响着国民经济的平衡发展。经济杠杆系统有各种子系统：国家预算子系统，信贷子系统，价格子系统，税收子系统，保险子系统等。通过这些子系统的相互协调的功能，经济杠杆系统保证了经济活动中所有的货币流处于最佳状

态，使国家-部门-地方-企业-个人的货币收支都达到某种平衡状态，以此实现收益的平衡，调动多方面的积极性。在执行决策计划的过程中，要有效地运用金融和价格杠杆，以控制计划的实施，确保财政、货币的平衡，使劳动生产率提高，使人力、物力得到合理利用。这就是目标控制与程序控制相配合的问题。为此，从财政上讲，经济杠杆系统要在国民经济的各级、各层次和各方面寻求合理的“度”，即确定指令控制（计划）的限度和自我调节（如扩大自主权和实行包干等）的范围，从而使它们充分发挥自身的最大潜力。此外，该系统还调节各种金融机构及其分支机构，使财经流在各部门、各单位达到最优而平衡的运行。从价格上讲，该系统要不断报告各种产品的价格，报告价格在实际供求过程中的合理性，报告期望的效果和实际的效果偏差多大。

价格是一个复杂的经济范畴，它是经济控制系统的一个非常重要的杠杆。价格是度量社会劳动消耗、评价生产和消费的主要工具，也是度量国民经济空间中一切活动效益的主要工具。借助价格可以最好地利用国民财富，使各部门、各单位的生产协调，投入-产出的效益均衡，使各部门、各单位劳

动者的收入分配合理。因此，社会-经济管理系统和价格子系统之间有密切关系。前者通过后者来提高劳动生产率，推动技术进步，促使最合理地利用国民工时、固定资产与自然资源，还通过后者来加强对外经济关系。因此，社会-经济管理系统可以通过价格杠杆，配合计划指令的程序控制，对各种经济组织中的各种过程进行目标控制。为此，价格子系统要寻求合理调整价格的机制，使社会-经济管理系统针对价格而制定的指令性决策和指导性决策这两者之间有合理的“比重”，使各区域、各部门、各单位在自行调节价格上有合理的“权限”(参见图10.4.1)。如果这几方而调节价格的比例关系把握不好，计划经济为主、市场调节为辅的社会主义经济控制原则就无从谈起。而价格子系统及时使经济信息通过价格的变化上通下达、四方传递的作用，正是为了参与实现这一社会主义经济控制原则的。

2.经济杠杆系统的数学模型之一——货币流模型。

对经济杠杆系统的描述最后仍然要落实在它的经济控制论模型上。其中最重要的是货币流模型，它揭示货币流在经济领域中的运行机制，揭示财源

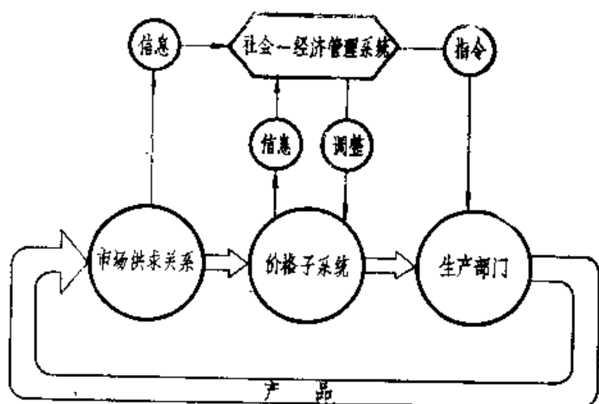


图10.4.1

和收入是如何获得、如何使用的。货币流模型主要指的就是货币流的平衡方程，简述如下：

设Yi为国民经济空间中货币流流经某系统或子系统i的总货币输出量；

Xi为国民经济空间中货币流流经某系统或子系统i的总货币输入量；

a_{ij}为从第i个系统（或子系统）流入第j个系统（或子系统）的货币量；

δ_i为第i个系统（或子系统）向其他系统输出货币流之后的剩余货币额；

Δ_i为第i个系统（或子系统）在向其他系统输

出货币流之前的原有货币额；

则货币流平衡方程，犹如流体力学平衡方程，有如下形式：

$$Y_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} + \delta_i$$

$$X_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ji} + \Delta_i$$

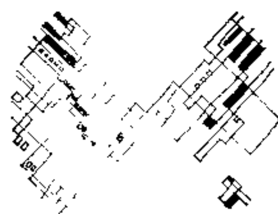
$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = \sum_{i=1}^{n} X_i \text{ 或 } \sum_{i=1}^{n} (Y_i - X_i) = 0$$

其中所有输出量或输入量都是有具体经济学涵义的。例如，若i为经济杠杆系统，j为生产和劳务系统，则a_{ij}包括银行贷款、国家财政投资、价格补贴等，而a_{ji}包括工农商业税、信贷偿还、社会救济金、保险金等。

当货币流模型方程出现失衡现象时，说明在财政上或流通上出现了某种新的变化，而且对各部门都会有影响。控制机制如果有效，则会使这种现象在收敛的负反馈中逐步消失，否则会因发散的正反馈而加剧。此外，货币流模型方程在实际应用时应包含经济时间因子，而且还应考虑时滞现象等。

第十一章

经济执行系统



坚持以计划经济为主，市场调节为辅

——陈云《加强计划经济》

经济执行系统是整个社会-经济活动的实质性部分。各种经济物质-信息流在这里不断运动，各种经济要素在这里频繁活动。而社会主义的经济原则——以计划经济为主、市场调节为辅——也正是在这里具体体现的。经济控制论的重要任务之一就是要通过最优控制过程为这一大类系统的各组成部分寻找出符合社会主义经济原则的适宜的“度”来。为此，我们有必要了解这一大类系统的内部结构和运行机制以及它与其他两大类系统之间的关系。

经济执行系统这一大类共由四个系统组成，它们是：生产和劳务系统，人口和劳力系统，研究和开发系统以及对外经济系统（见图11.1）。分述如下。

11·1 生产和劳务系统

1. 概述

从根本上说，国民收入、国民财富和国民福利都来自于经济执行系统，而其中的关键是生产和劳务系统，在那里汇聚了各种形态的经济物质-信息流，也就是汇聚了各种原材料流、劳动力流、固定资产流、技术流、智能流、资金流以及决策信息流，它们经过经济运行机制的转换而形成了由劳力、物资、资金、能源、信息等五种基本的经济物质-信息所组成的各种新形态的经济流，即各种社会产品和各种劳动成果。通常所谓的国民总产值，虽然各国的算法有所不同，但绝大部分都来自于这个系统的输出。

就外部关系而言，生产和劳务系统有效而平衡的运行，既取决于社会-经济管理系统的指导与指令决策（程序控制）（这些决策是以经济信息系统提供

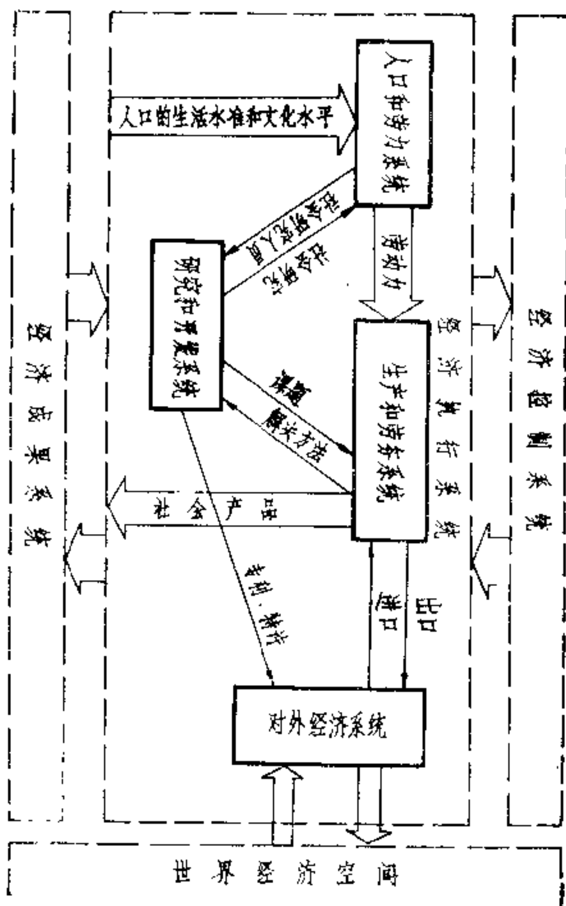

人口和劳动力系统
人口的生活水准和文化水平
研究和开发系统
劳动力
生产和劳务系统
经济执行系统
经济成果系统
经济控制系统
社会产品
进口
出口
对外经济系统
世界经济空间

图11.1 经济执行系统

的信息为依据的，而这些信息则来源于生产和劳务系统本身的运行状况，也就是来源于该系统向国民收入系统、国民财富系统和国民福利系统的输出状况，其中包括各种反馈联系），也取决于这个系统与经济效率系统和经济杠杆系统的种种相互作用（目标控制）；此外，它还取决于人口和劳力系统、研究和开发系统以及对外经济系统对它的输入情况（见图11.1.1）。就内部关系而言，生产和劳务系统的拓扑结构和运行机制是极其复杂的；所谓整个国民经济沿着最优、平衡、按比例增长轨道发展，关键的问题就在于使生产和劳务系统中各

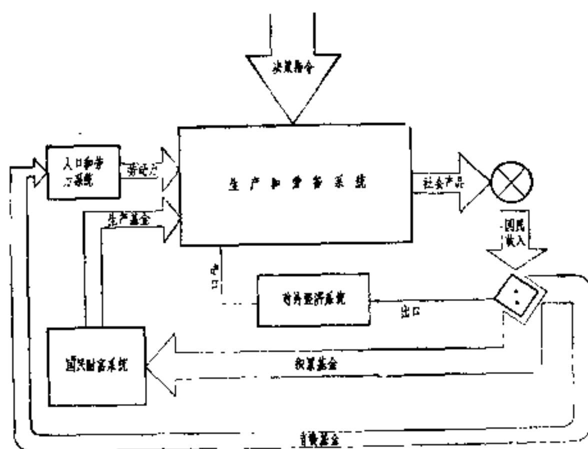


图11.1.1

子系统及其各组成部分取得在经济时空上的一致、协调与同步的发展。

生产和劳务系统的各子系统可以按多种方式来划分。可以按国民经济的“产业”类来划分，即分为第一产业、第二产业和第三产业等。也可以按各部门来划分，即分成工业、农业、交通运输业、建筑业、旅游业、服务业、商业以及其他各种生产部门和劳务部门，这些部门各自再可分为各种子系统、各种基层单位。还可以按生产和服务两大项来划分，而生产方面又可分为农业、基础工业、加工工业、运输业等几项。当然生产方面也可以有第一部类、第二部类的分法，或农、轻、重等分法。无论怎样划分，在生产和劳务系统中运行的是国民经济空间中最有生机、最丰富多采、创造价值的主要经济活动。上述各种划分方法都是从某一侧面来看这一系统的各种联系的。经济控制论的优点就在于可以用它的基本概念和核心概念，按不同的分析目的来进行不同的分类，并得出不同的展开概念。因此，它在指导实际的经济活动中有很大的“应用弹性”。

2.模型

经济控制论在分析生产和劳务系统时主要的着

眼点是在该系统的各子系统和各部门之间不断流动的各种物流（人力、财力、物力等流）的平衡问题。往往某一子系统的输入流就是另一些子系统的输出流，而某一子系统的输出流又是其他子系统的输入流，其间既形成系统内的闭合回路，又形成系统外的闭合回路。为进行经济控制论分析，首先就要把这些联系的来龙去脉理清，给出清晰的图示，然后进一步就可以建立相应的各种经济控制论模型。这些模型所要完成的任务是：优化生产和劳务系统中各部门和各企业的结构，提出最优的生产规划与合理的产业布局，解决运输问题，疏导流通渠道，并保证技术物质的供给。

在建立生产和劳务系统的经济控制论模型时，从该系统的宏观整体来看，它所输出的产品和劳务都是以最终形式输向经济成果系统的。生产和劳务系统内部各子系统、各部门之间的输出或输入往往或是以原材料形式（如采矿部门输向冶炼部门的矿产，农业部门输向工业部门的原料）出现，或是以中间产品形式（如重工业部门输向轻工业部门的钢材或机床，工业部门输向农业部门的农机具、农药、化肥等）出现。并且这样的输入和输出往往还经由其他系统的作用（如通过经济杠杆系统的货币流和

物资流之间的交替）。

在各类生产模型中，往往都要考虑到最终产品、中间产品和总产品的关系式：

$$Z(t)=X(t)+V(t)$$

其中$X(t)$为t时刻中间产品的数量，$Z(t)$为总产品的数量，$V(t)$为最终产品的数量。

生产和劳务系统的建立模型问题往往根据不同的分析目的与国民经济总控制论系统的其他问题联系在一起，共同建立起各种类型的经济控制论模型和相应的经济-数学方程。为此就要按具体问题做具体分析，并不能统一给出一般的模式。以下例举几种有关的模型：

（1）与整个国民经济的动态平衡相关的有部门平衡模型、部门计划模型；

（2）与投资问题相关的有扩大再生产模型；

（3）与区域发展计划相关的有区域经济计划模型；

（4）与市场调节、需求-供给相关的有价格模型、产品模型、劳动分工模型与投入-产出模型，等等。

若要进一步了解这些模型，读者可以参阅有关的数量经济学专著。而本文在此所要强调的是：经

济控制论不同于一般数量经济学，它给出所有经济-数学模型的统一而清晰的画象。尽管经济控制论不能给出也不企图给出一个"一般模型"或"统一方程式"，但它能把种种模型和方程式纳入到一个统一的整体中来，这也就是现代科学方法论通常所说的整合作用。

11·2　人口和劳力系统

1.概述

经济过程的决定性因素是人，经济控制论能以整个经济现象为对象，其基点也正是建立在人的因素上。用经济控制论的术语来阐述马克思关于劳动价值的基本观点就是：劳动力流流经整个国民经济空间的许多部分，把物质流凝聚成各种具有价值形态的新的物质流，构成国民财富的根本源泉。因此，人口和劳力系统不仅是整个经济执行系统中最活跃的部分，也是整个国民经济总控制论系统中最活跃的部分。它几乎和一切其他系统都有着直接联系和反馈联系——国民经济空间的中心反馈正是从人口和劳力系统开始的——而该系统内部的拓扑结构和整个国民经济总控制论系统的拓扑结构有着

间构的对应关系。

人口和劳力系统可以按一定标准划分为各个子系统，这些标准可以是：年龄，性别，城乡分布，社会职业，积极人口，就业及待业人口，参加各种社会-经济领域活动的比例，教育程度，技术和技能水平，迁徙情况，等等。所有这些又都是扩大生产和劳务，提高劳动生产率和经济效率，增加国民收入和国民财富所必须依赖的因素。反之，人口和劳力系统在数量、质量和结构上又受着这些经济活动的水平的影响。

完成国家的社会-经济发展规划和积极人口占总人口数的比重以及最佳社会职业结构直接相关，也和职工的合格水平以及劳动力的合理布局直接相关。在这些方面获取有关人口流和劳力流的信息并输送到社会-经济管理系统以作出控制决策，这是国民经济优化问题的重要组成部分。为此要建立人口和劳力系统的各种经济控制论模型和数学方程以及时反映这方面的信息（见图11.2.1）。

2.模型

在人口统计学上一般的人口增长方程为

$$P_{t+1}=P_t+\sum_{i=15}^{100} f_t^i \cdot P_t^{f,i}-\sum_{i=1}^{100}\beta_t^{m,i}\cdot P_t^{m,i}-\sum_{i=1}^{100}\beta_t^{f,i}\cdot P_t^{f,i}$$

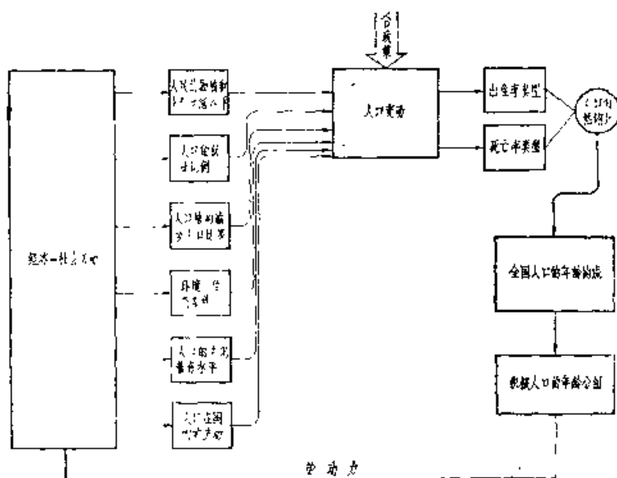


图11.2.1

其中：Pt，人口子系统在t时刻的状态变量，即人口总数；

$P_t^{f,i}$，年龄为i的女性人口总数；

$P_t^{m,i}$，年龄为i的男性人口总数；

f_t^i，年龄为i的妇女的生育率；

$\beta_t^{m,i}$，年龄为i的男性人口的死亡指数；

$\beta_t^{f,i}$，年龄为i的女性人口的死亡指数。

然而，在经济控制论的分析领域中根据不同的研究目的应有不同的人口预测的经济－数学模型。它们主要分为如下几类：

（1）按年龄和区域分布建立的全局性人口增长模型；

（2）城乡人口模型；

（3）按社会-经济活动领域或部门以及按区域分布建立的积极人口模型；

（4）有关积极人口的拓扑结构及社会职业流动性的模型。

许多反映人口和劳力变化的模型都是随机模型，其中包括人口自然增长，不同育龄的生育率，平均寿命，人口迁徙率以及劳动力的社会职业变化率等随机因素。因此，在为这些模型建立经济-数学方程组时需要采取多种数学方法，诸如矩阵方法，随机模型法，形态统计方法，正态统计方法以及纵向分析法，等等。

11·3 研究和开发系统

1.概述

在以科学技术发展为先导的现代社会中，研究和开发问题对于经济增长过程是举足轻重的。发展中国家在制定社会-经济发展战略中也要把经济部门的科学技术改造、管理者和劳动者的科学技术水

平的提高放在首要位置。正是研究和开发系统为这一切提供新知识、新技术、新工艺、新产品、新设备以及新的劳动组织方式。因此，从这个意义上讲，在国民经济总控制论系统中研究和开发系统是促使经济最优增长的最重要的执行部门。

研究和开发系统有一个与其他系统不同的特点，即它直接与世界的最先进水平相联系而无须通过其他许多中间环节。因此，在减少各国的经济水平的现实差距、推动世界经济趋于平衡方面该系统有特殊作用。

研究和开发系统与其他许多经济控制论系统之间有密切的正反馈回路（见图11.3.1）。

例如，它与生产和劳务系统的输出与输入之间存在着直接的耦合关系。生产的发展为科学技术的发展提供物质基础，而在此基础上，后者的发展又为前者的发展开拓广阔的前景。

研究和开发系统也通过生产和劳务系统与经济效率系统建立了正反馈回路。尤其是研究和开发系统通过提高劳动技术质量，扩大生产中机械化、自动化的范围，提供劳动过程中的科学管理，如科学组织方法来提高劳动生产率。研究和开发系统还通过发现新材料、新能源、新型代用品以及通过增加

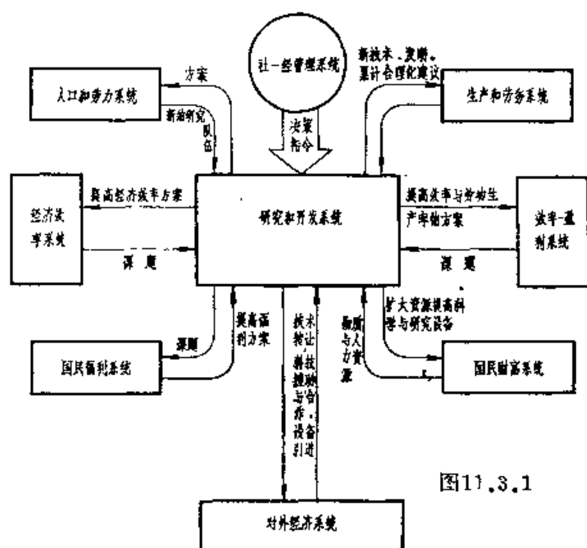


图11.3.1

产出、减少投入为各生产部门提高效率和增加盈利。而这一切又反过来从提供物质保证和提出课题任务等方面刺激了研究和开发系统的发展。

二十世纪以来，社会进入了科学技术时代，许多产品的质量（性能指数）和数量以指数方式增长，这正是来自于研究和开发系统与经济效率系统之间的正反馈联系。

研究和开发系统与人口和劳力系统之间同样也有某种正反馈回路，这主要体现在科学技术提高

了识做人口的质量并开拓了新的职业领域，从而使人口和劳力系统更有效地运转上。反过来，后者有效的运转又为前者的进一步发展提供了人力和物力上的保证。

研究和开发系统虽然并不是以直接的输入方式与国民收入系统、国民财富系统以及国民福利系统等经济成果系统相联系，但它仍通过提高生产与劳务的质量和数量来发挥其巨大的影响。反过来经济成果系统又通过提供科学技术发展基金来促进研究和开发系统的发展。而且更重要的是：经济成果最终落实到人民物质文化生活水平的提高上，这正是整个社会进步和全体人民科学技术水平提高的基础。

2.模型

为了确定研究和开发系统的最优增长轨道，需要建立该系统的经济控制论模型，其类型有：

（1）研究和开发增长趋势与整个国民经济发展之间的总体相关模型；

（2）各研究领域的发展与相应的各生产部门的发展之间的相关模型；

（3）研究和开发系统内各领域之间在人力、物力、财力上的最优配置模型；

（4）重点科研的最优发展战略模型；

（5）预测世界科学发展总趋势模型；

（6）最佳的国际科学技术合作模型。

所有这些模型互相耦合起来，连同国家科学技术发展战略模型一起，构成研究和开发系统的经济控制论模型体系（见图11.3.2）。

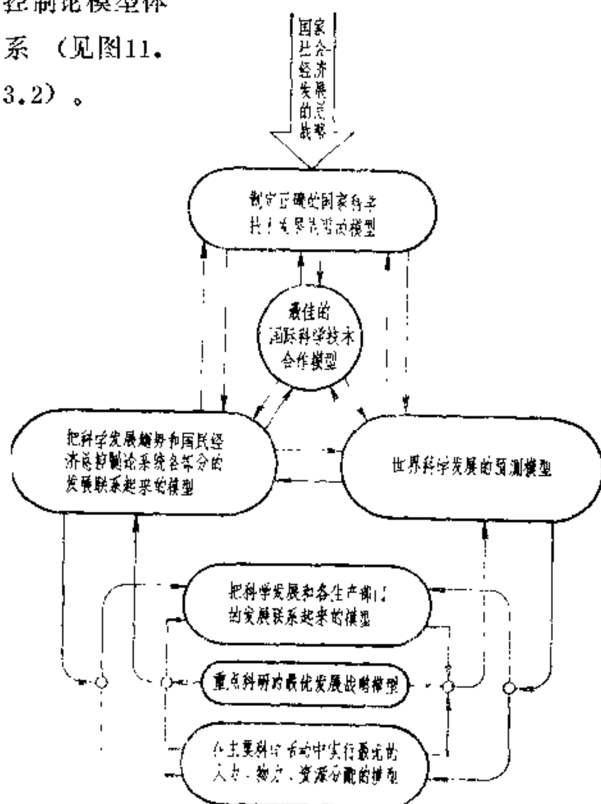


图11.3.2　研究与开发系统的经济控制论模型体系

11·4　对外经济系统

1.概述

对外经济系统的功能在于使国民经济空间与世界经济空间密切联系（见图11.4.1）。这个系统主

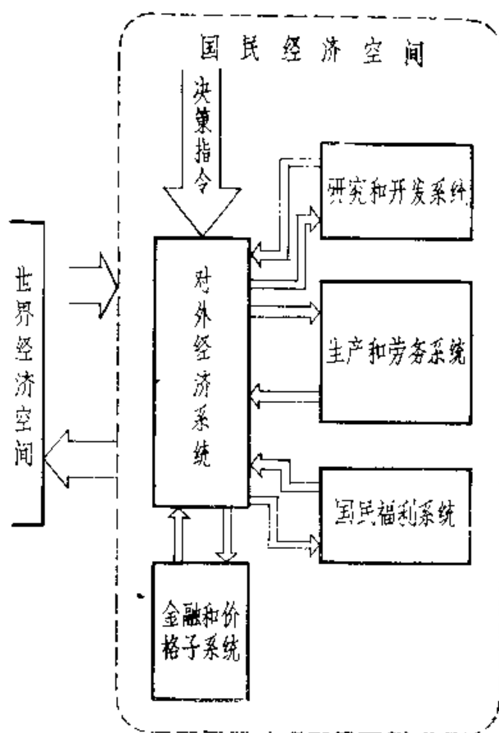


图11.4.1

要有三个子系统：对外贸易子系统，科技交流子系统，经济合作子系统。

对外贸易子系统是生产和劳务系统与世界市场的桥梁。这种桥梁实际上不仅是一般的直接联系，而且会形成反馈联系。对外贸易子系统的运行决定了这种反馈循环是良性的还是恶性的。良性循环意味着：一方面通过出口以利于促进国内的生产和劳务的增长，另一方面通过进口必要的或适宜的设备和原材料以保证国内生产和劳务的发展。恶性循环则一般意味着：进口过多的商品而造成生产的受抑，进而使有关部门萎缩，更加重了国民经济对外来商品的依赖性，更进一步不利本国生产的发展。在这种情况下管理系统就不得不发出控制指令，采取保护性措施。反馈循环是外贸子系统中经常出现的现象，而究竟是良性的还是恶性的就在于控制和引导。社会主义经济是以整个社会的控制机制为特征的，它的重要意义之一就在于能及时制止对外经济中出现的恶性循环。然而如果中央决策机构控制得过严，致使对外贸易子系统不能及时对国际市场行情作出弹性反应，就无法随时利用有利的国际市场条件以造成良性循环，充分发挥本国的经济优势（包括自然资源优势，国民工时优势以及技术优势

等），这是经济控制论特别关注的一个重要问题。这个问题也就是如何使国内的计划经济适应国际的市场机制，如何通过外贸子系统的中介作用来及时调整国内的生产结构。与这个问题相关的还有：如何一方面充分利用世界经济空间以提高国民工时的效率，同时又滤除或减弱来自世界经济空间的种种干扰。这需要在国内建立起各系统之间（尤其是管理系统、信息系统、对外经济系统与生产和劳务系统之间）的良好关系，使各系统最有效地运行，从而达到“内联外挤”的效果。这里的关键就在于完善各级控制机制，划清各级经济实体的权、责、利，从而使各级相应地建立起良性反馈循环。

科技交流子系统直接和国民经济总控制论系统的科研和开发系统相关。在制定科技发展战略时要充分考虑到国际间科技交流的因素。引进技术、引进设备或购买专利特许本身，在有计划、有指导的统筹考虑下，不仅不会抑制本国科学技术的发展，反而会直接或间接地促使本国科学技术的繁荣。对于发展中国家而言，引进技术问题，在某种意义上，可以说是头等重要的事。因此，经济控制论需要对其中各方面关系及其所造成的多方面的影响作正确的分析和判断。在一定的发展时期内，整个科学技

术发展的战略应以引进世界先进的适用技术为本，大力开展国内各经济部门（尤其是主导或重要的经济部门）的技术改造。发展中国家只有通过这一措施，把主要的大型企业的发展纳入高速而平衡的增长轨道，才可能较快地摆脱落后状态，缩小发展中国家与发达国家的差距。

国际经济合作子系统主要的任务是兴办合资企业、联合开发以及引进外资、获取国际贷款等。该子系统需要通过决策部门或经济杠杆来调节这一类企业的生产、管理和经营，使它们与国内其他部门的发展相适应。其中很重要的一方面是及时汲取有益的经验并在更大范围内推广，这就需要通过经济信息系统对情报加以收集、汇总并输入到各级管理部门以备决策之用。当然对于一些不适合国情的方面也要经过决策部门采取措施，把它限制在局部范围内。国际经济合作子系统还通过补偿贸易、来料加工等引进外资的方式以打向国际市场，增强国内产品在国际市场上的竞争力。

总之，对外经济系统在世界经济空间与国民经济空间交往日益频繁、广泛和深化的形势下将对国民经济的最优发展起着越来越大的作用。

2.模型

对外经济系统的经济控制论模型主要有：对外收支最优化模型，设计国际收支顺差方式的模型，对国民经济的各种外贸方面在结构、数量和地区上的优化使国际贸易获得最大收益的模型，按国内外发展条件来选择科学技术最优合作方向的模型，等等。这一类模型一般有两组约束条件：第一组是保证国民经济发展所必要的原材料、能源和设备的供应量；第二组是最有效地从世界市场上取得这些物资的可能性。在模拟过程中要把进口流当作外贸对方反应的函数，当作国际市场价格变化的函数，当作世界经济空间中因经济危机而引起的各种干扰因素的函数来处理。优化模型中所用的数学方法是以现代对策论、特别是动态对策论为基础的。

第十二章

经济成果系统



我们的社会可以被看作为一个复杂的机器，把名为燃料的高级能量转变成名为废热的低级能量，而与此同时又吸取了生产物品与劳务所需要的能量。这些物品与劳务被我们称之为国民总产值（GNP）。

——萨缪尔森《经济学》引用

经济成果系统是国民经济空间中一切活动最终效果的体现和归宿。社会主义社会发展经济的目的就是要最大限度地满足人民的需要，并摆好国家、地方、部门、企业（集体）和个人等五方面的关系，从而把人民的现实利益和长远利益结合起来。这一切都是经济控制论必须研究的课题。在分析各经济成果系统的结构、联系和运行机制的过程中，主要的工作就是这些课题的展开和解决。

经济成果系统这一大类共由三个系统组成；它们是：社会产品和国民收入系统，国民财富系统和国民福利系统（见图12.1）。

经济控制系统
经济执行系统

经济成果系统

生产基金

社会产品

社会产品和国民收入系统

国民收入子系统

可分配的国民收入

国民收入分配子系统

最终收入

国民收入使用子系统

积累基金

社会经济发展基金子系统

社会经济发展基金

世界经济空间

进口

出口

生产中的部件

人力资源

国家的人口

人口的智力

物质资源

矿藏资源

土地资源

已积累的物质产品

固定基金

家庭财产

国民财富子系统

居民福利系统

物质文明子系统

精神文明子系统

生活标准

劳动力

图11·1 经济成果系统

12·1　社会产品和国民收入系统

社会产品和国民收入系统所反映的是社会主义扩大再生产的全过程，反映这个过程的发展速度以及在发展中各部门的比例和关系。该系统综合体现了国民经济空间中各项生产和劳务的成果。具体而言，该系统的功能是：

（1）汇总整个国民经济过程所创造的国民收入（它一方面可以体现为社会产品和劳务，一方面可以表示为社会新创造的价值）；

（2）将国民收入在国家、地方、部门、企业和个人等每个层次或方面中进行分配；

（3）将国民收入分别用于各种消费和社会-经济发展两个方面；

（4）筹集和分配用于社会-经济发展方面的国民收入。

对应于这四方面的功能，社会产品和国民收入系统可划分为四个紧密联系的子系统：国民收入汇总子系统，国民收入分配子系统，国民收入使用子系统，社会-经济发展基金子系统。

社会产品和国民收入系统是整个国民经济空间

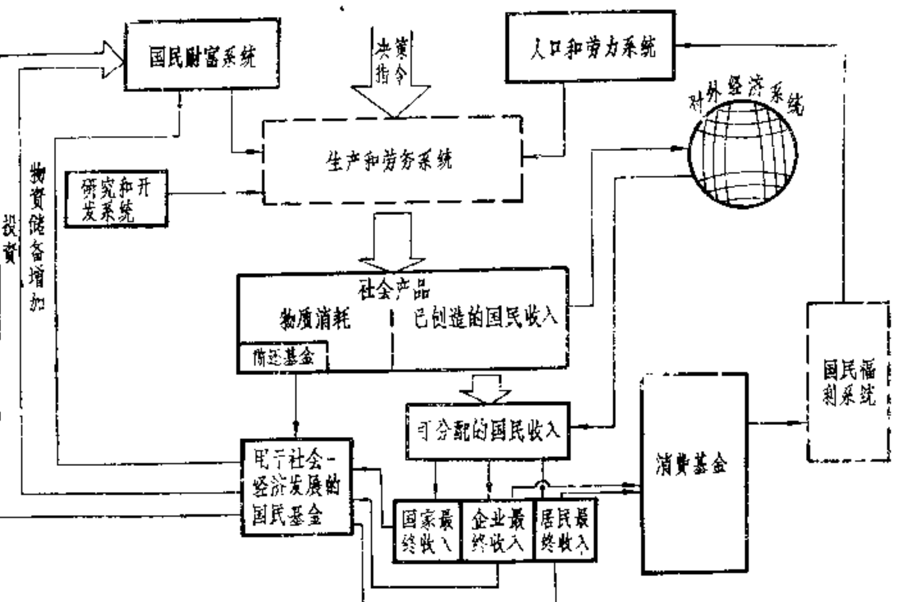
中经济管理过程和经济执行过程的成果总汇——尤其是生产和劳务系统的成果总汇——因此它是经济控制和经济执行这两大类系统与经济成果这一大类系统的"接头"或"要冲"，起着从完成社会-经济工作到实现经济-社会目标之间的承上启下的过渡作用，这也是在社会超系统与经济超系统之间的交集。因此，该系统与前两大类系统中各系统、子系统联系密切，同时又与国民财富和国民福利系统有不可分割的联系，是它们得以运行的基本物质保证。

具体的各种联系(其中尤其重要的是反馈联系)见图12.1.1。

社会产品和国民收入系统的一个重要特点是：它的四个子系统各自的运行机制有密切相关次序。

（1）国民收入汇总子系统计量生产和劳务系统的经济收益，即计量它的每个子系统（工业、农业、建筑、运输、商业等部门）的净产值，这些输出量称为"已创造的国民收入"。

（2）"已创造的国民收入"再加上对外贸易额的差额，一起输入到国民收入分配子系统，该输入量称为"可分配的国民收入"。分配的过程分几个阶段：



图一三·一　社会产品和国民收入系统与其他系统的反馈联系

a. 初次分配阶段。这是在生产和劳务系统直接的参与者中间实现的。分配的初次收入流是工资、利润，工商业税等。

b. 再分配阶段。这是通过经济杠杆系统实现的。这里主要依靠财政金融手段，把生产和劳务部门、文化机构以及个人之间往返流动的金融流汇集起来，再以各种形式的金融流进行再分配。从财政部门流向个人的再分配收入形式有：退休金、补助金、各种津贴以及各种公职人员的工资等。而从个人流向财政部门的金融流有所得税等。

（3）国民收入使用子系统是国民收入总汇子系统的运行过程和国民收入分配子系统的两个阶段迭加在一起的最终分配效果，从而实现国民收入最终在一切参加经济-社会活动的人们中分配。这时也体现了国民收入的分配在国家、地方、部门、企业和个人这五个方面所取得的平衡效果。其中的关键问题是这五个方面的最终收入要和预计用于积累和消费的社会产品的构成（也就是生产资料和消费品之间的比例、各种生产资料之间的比例以及各种消费品之间的比例）相一致。此外，在目标控制的经济过程中还要符合这样的分配原则："国家得大头，企业得中头，个人得小头"。

（4）社会-经济发展基金子系统的运行是在上述三个子系统连续不断的基础上开始的。它的功能是筹集和分配发展基金。该子系统的输入流是国民收入使用子系统中的国家、地方、部门、企业输出的积累基金和偿还基金。该子系统的输出流是：对生产部门的投资，对文化教育及公共建设的投资，以及用于增加储备的基金。这一输出流是流向国民财富系统的决定性的部分。

国民收入流在以上四个子系统间连续不断的运动可以用框图表示（见图12.1.2）。由此可以进一步看出国民经济空间中的主要反馈回路：

人口和劳力系统⟶生产和劳务系统⟶社会产品和国民收入系统⟶国民财富系统⟶人口和劳力系统（见图12.1.3）。

可以用一系列经济控制论模型来定量地描述社会产品和国民收入系统的上述各子系统的各种运行机制。其中最根本的是国民收入在积累和消费之间进行最优分配的模型。因为国民收入在积累和消费之间的分配是涉及社会-经济发展全局性的战略问题。最优经济增长轨道的确定，国民财富和国民福利最大限度的增长这一目标的实现，都与此密切相关。

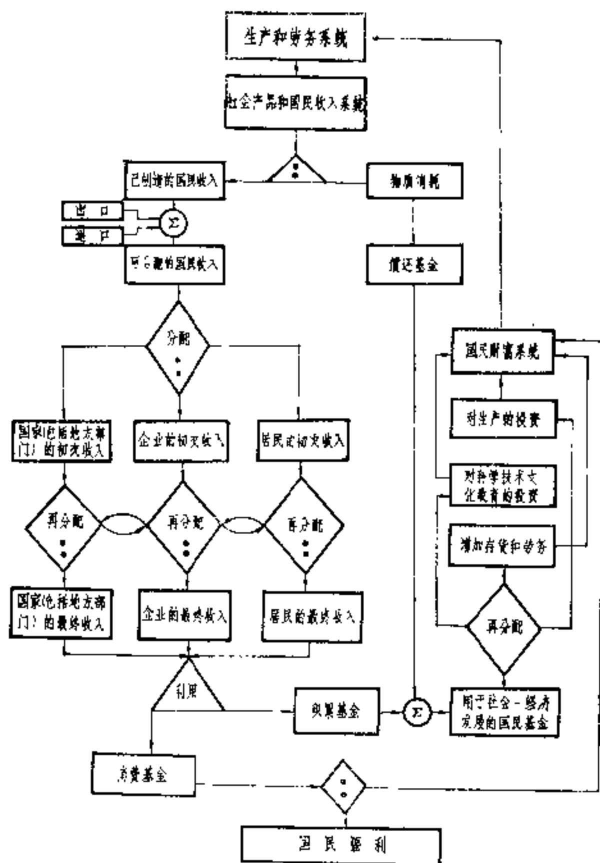


图12.1.2 国民收入流的运动流程

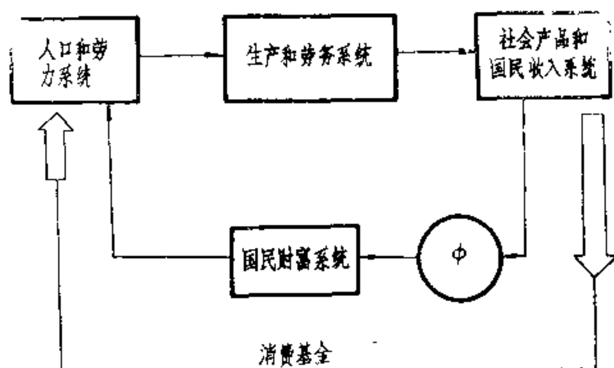


图12.1.3　国民经济空间中的主要反馈回路

12·2　国民财富系统

国民财富既可由人力、物力和财力的总量来表示，也可从物质和精神两方面来划分。前者主要反映国家可资利用的各种物质的雄厚程度，后者主要反映科学、技术和文化的水平。增加国民财富是国民经济发展的总目标之一，也是经济控制系统的主要目标。国民财富体现了整个国家和社会历代努力的累积效应，同时又给出了国家社会-经济发展所依据的初始条件。因此，整个国民经济空间的各种主要联系或反馈回路都要通过国民财富系统。其

中很重要的一条反馈回路是：国民财富系统的自然资源子系统，生产和劳务系统，国民收入系统，国民财富系统的积累财货子系统（见图12.2.1）。

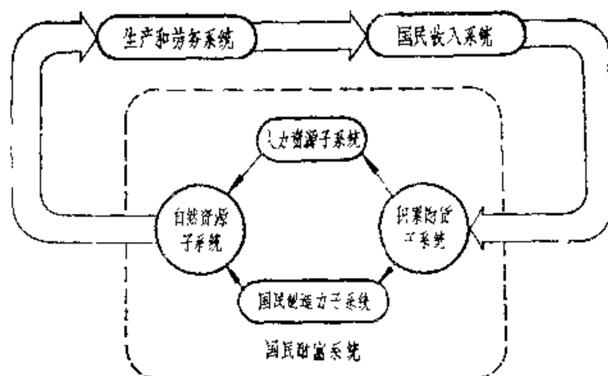


图12.2.1

这也就是劳动创造人类，人类征服自然的全部过程的缩影。而经济系统可以说正是使物质从自然到社会的变换器。

国民财富系统包括四个子系统：人力资源子系统，自然资源子系统，积累财货子系统，国民创造力子系统。可分别描述如下：

（1）人力资源子系统是国民财富系统中最重要、最活跃的组成部分。它一方面能在生产过程中增强自然资源和已积累的物质财富的有效利用，另

一方面还与国民经济空间中其他系统（如劳动生产和劳务、人口和劳力、研究和开发、社会产品和国民收入以及国民福利等系统）密切相关。

决定人口资源的重要因素有人口数量、年龄构成、文化水平以及职业资格等，这些因素正是人力资源子系统在国民财富系统内有效发挥作用的依据，也是该子系统与其他系统发生密切联系、形成反馈回路的环节。它们也正是经济控制论系统需要控制和调节的变量。

（2）自然资源子系统是人类按其社会-经济目标划入自己可控范围内的自然世界。在某种意义上可以说，这是经济系统与自然系统的交集。它有相当广阔并且不断扩大的组成部分，如原料、燃料、矿藏、土地、森林、草原、水资源、各种野生动物和鱼类，等等。

自然资源是决定国民经济空间生产结构的一个重要因素，但不是唯一因素。另一个重要因素是与世界经济空间相联系的对外经济系统的运行状况。既可以通过对外经济系统来发挥本国自然资源的优势（出口丰富的自然资源，尤其是它们的加工产品），又可以弥补本国自然资源的不足（进口某些短缺资源）。自然资源子系统的有效运行（资源的有效利

用），一方面推动国民经济空间中其他有关系统（如生产和劳务系统、经济效率系统以及研究和开发系统等）的发展；另一方面，又因这些系统的发展而反过来促进它本身的发展。例如，勘探技术和设备的发展带来新能源、新矿藏的发现，新的农艺和水利建设使土地和水资源得到更好地发挥。这一切都说明了自然资源子系统的合理利用会在整个国民经济空间中建立起良性正反馈回路，保证了国民经济持续不断地、最优而平衡地增长。反过来，如果不合理地利用自然资源——随意开发，过度使用——将会造成恶性正反馈回路，给国民经济带来灾难性后果。这里最明显的例子是生态平衡和环境保护问题。如果能对国民经济作科学的规划和布局，从表面上看似乎限制了某些开发，但它有助于生态平衡和环境保护，这反过来使经济发展有了不断增强和扩大的自然资源后盾，从而掌握了战略的主动权。相反，如果只顾局部和眼前利益，不顾大局和长远利益，对森林滥砍滥伐、对鱼虾失时捕捞、对湖泊过度围垦、对土地掠夺使用、对矿藏随意发掘，都会使生态失衡，使环境破坏，造成自然资源的锐减，从而丧失经济发展的主动权，这给经济带来的损失是无法衡量和难以补救的。经济控制论的分析

方法给我们建立了科学的全局观点和长远观点。运用这一分析方法可以避免或减少在制定计划和规划时的盲目性。例如，在决定某些矿藏是否开发或何时开发、如何开发的计划时，必须考虑到现有的经济能力，也必须考虑到未来发展的需要，这也就是要重点考虑经济空间和经济时间的因素，在此基础上把握整个国民经济运行的反馈闭合回路的各个环节，从而在战略和决策上使我们取得主动地位。

在建立总体模型时，需要对各种自然资源有一个统一的衡量尺度，既要按物质单位又要按价值体系来测量其各种变量。在研究自然资源子系统的发展方程式时需要分别描述其各主要组成部分，以分别找出它们和国民经济发展的多种相关因素，并以函数式表示。其中技术经济因素往往是主要的，如针对土地利用的现状和发展问题，要考虑化肥和农家肥用量的比例，灌溉面积，机械化程度，合理轮作等技术经济因素，并找出利用率和它们在数量上的函数关系。

（3）积累财货子系统包括用于生产和劳务的固定资产，住宅建筑和市政设施基金，用于科技、教育、文化、卫生、旅游等方面的固定基金，物资储存和货币储备，居民的家庭财产和国家的科学、

文化财富（文物、专利、发明等）。该子系统为整个国民经济发展提供了坚实的物质基础——尤其是发展生产和劳务、推动科研和开发、提高人民生活水平等方面的物质基础。同时，这些方面的有效运行又直接或间接地增加财货的积累。可以说积累财货子系统把国民经济各系统、子系统中一切活动的物质输出流积累起来，并成为它们继续运行和扩大运行的保障。这里所存在的反馈回路是非常明显的。

我们为积累财货子系统建立经济控制论模型，以定量地描述各种积累过程，尤其是描述固定资产的增长过程。令K_t为状态向量，其分量表示各种固定资产的数量，用货币单位计量。K_t反映生产和劳务的各部门以及其他多种社会、公益事业的固定资产的规模和结构，因此，它的分量数目非常大。每个部门在$t+1$年的固定资产等于t年的固定资产加上新的投资减去偿还基金（折旧）。由此建立模型：

$$K_{t+1} = K_t - \mu K_t + \sum_{\tau=0}^{\theta} \Lambda_{t-\tau,\,t} I_{t-\tau}$$

其中，$I_{t-\tau}$代表在$t-\tau$（$\tau=0, 1, \cdots\cdots$）年内各部门、各活动领域的投资额；

μ_t是对角矩阵，其中各元素分别代表各部门和活动领域的偿还系数。

$\Lambda_{t-\tau,t}$是延迟系数的对角矩阵；延迟系数表示第t年的投资在当年内生效的比重，它反映了投资在每个部门中审批期和执行期的特点。

为定量表示积累财货子系统的第二个主要成分，即原材料的库存储备和未完成的投资量，以状态向量Jt的分量来分别表示这些量。对Jt也可以类似地象对Kt那样建立起发展方程。此外，在表示固定资产的增产过程时还要设法度量技术进步的作用，给出相应的参数。

（4）国民创造力子系统是最优经济增长过程的一个重要保证，它包括科技和教育、文化和文明、卫生和健康状况以及情报和信息储存等因素。它的功能在于提高国民经济空间中所有系统和子系统的水平、效率与发展速度，并控制和整合其中的各种活动。因此，国民创造力子系统和经济效率系统之间的密切联系还直接影响到国民福利的增长。

产生国民经济空间的主要反馈链的流正是出自国民财富系统（自然资源、人力资源等子系统）又回到国民财富系统（积累财货子系统）。因此，建立该系统运行机制的经济控制论模型是非常重要

的。它相应的增长方程之解可以精确地给出国民总财富的规模，给出国民经济潜力和国民经济发展的动态，给出国民财富系统、生产和劳务系统与社会产品和国民收入系统之间反馈联系的强度。这些量是宏观经济决策机构在设计经济最优、平衡、按比例增长轨道时必不可少的要素。

12·3 国民福利系统

国民福利系统处于国民经济空间的中心地位，它是国家社会-经济发展一切战略和目标的"归宿"。该系统的功能就在于它综合体现了其他所有经济控制论系统、子系统发展和增长的结果，尤其是综合体现了这些发展和增长对提高人民物质文化生活水平的影响。正因为国民福利系统具有这种与总体战略和目标相关的综合功能，它必须和国民经济空间其他所有部分发生多重的直接联系或反馈联系。

国民福利系统由两个相互密切联系的子系统构成（见图12.3.1）：

（1）物质文明子系统，包括人民在衣食住行和劳务等方面的消费。

（2）精神文明子系统，包括人民在教育、文

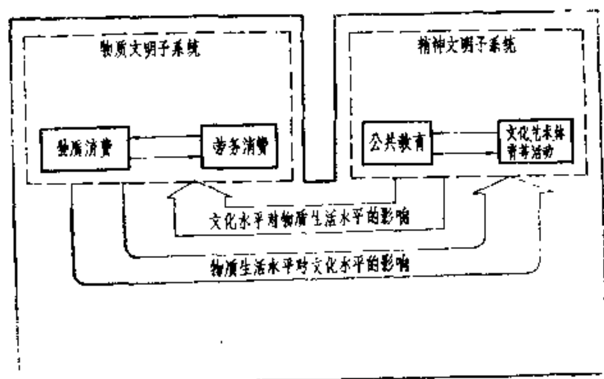


图12.3.1

化、体育、娱乐等方面的活动和享受。

每一种消费、每一种活动和享受都要相应地具有一定的社会产品保证、一定的劳务保证，要以社会-经济发展为前提。我们可以"衣食住行"的"行"为例来说明。采用一定的交通工具如自行车、摩托车或小轿车就要相应地建立起规模和比例适当的生产部门、服务部门，甚至还要相应地规划市政建设，而这一切又和一定的社会-经济发展水平相联系。以"娱乐"的内容为例。娱乐是国民现代性的重要标准之一。有什么娱乐，是哪些人的娱乐，娱乐的效果如何（和身心健康的关系如何），都直接

影响着人的生活和人本身的发展，而这一切又都取决于整个国家社会–经济发展的综合指标。

反过来，社会产品和劳务的结构，社会–经济发展的水平，又积极地影响着人民的物质消费的构成，影响着人民的精神生活的种类。其现实状况在决定发展总战略和总目标时又成为必须考虑的前提因素。我国制定二十世纪末社会经济的“小康”目标，正是在弄清国民福利系统的现状并权衡它与国民财富系统、国民收入系统以及与经济执行系统的诸系统的多重关系之后，得出的实事求是的科学结论。对于这一点，以经济控制论的分析方法来展开，会使问题更明确、更清晰。

国民福利系统的两个宏观输入流是“消费基金流（它来自国民收入系统）”和“国民福利增长潜力流（它来自国民财富系统）”。而国民福利系统又向人口和劳力系统输出物质和精神财富流，以使人们的现代性提高，这成为国家社会–经济发展的重要保证。

国民福利系统和经济管理系统之间虽然没有很强的直接联系，但经济管理系统通过经济效率系统、经济杠杆系统控制生产和劳务系统的发展，最终实现了对国民福利系统的控制。反过来，国民福

利系统本身的发展促进了国民的现代文明，其中非常重要的方面是精神文明水准的提高，尤其是科学与文化水平的提高和自组织能力的提高——所有这些都大大地提高了经济管理系统的水平（提高了它控制的有效性和稳定性）。

为国民福利系统建立的各种经济控制论模型，可定量地描述生活水平的诸要素，也可以定量地描述往来于国民福利系统与国民经济其他系统之间的各种流。在这些模型中起中枢作用的是消费模型，它对于研究和设计国民经济最优增长轨道有很重大的意义。

为建立消费模型，首先要进行消费研究，这包括多方面的因素。消费研究的科学基础是对人类在社会进步的过程中所形成的生理需要和文化需要进行详尽地了解和分析。不同的年龄、性别、文化、职业和习惯的消费者有不同的消费心理和消费结构。不同的发展时期、不同的社会状况（意识形态和人际关系的结构）以及不同的国际影响也会产生不同的消费要求。各种消费品之间还存在着许多内在联系，造成人们对各种消费品群的需要。此外，在实际产品的消费与劳务消费之间还存在着密切而复杂的联系。消费的经济控制论模型就是在研究这些众

多的消费因素及其联系的基础上建立的。由于本文的篇幅限制，在此只给出上述的原则性意见而不拟介绍具体有关模型的详情。

结　语

本书是从综观经济控制论这门新兴的边缘学科的整体出发，分析和探究它的概念体系，并侧重从结构特征方面介绍经济控制论。

我们认为经济控制论的概念体系有三个层次，它们是基本层次、核心层次和展开层次。相应地，我们所编著的这本书的十二章内容也可以分为三个部分。第一部分介绍了经济控制论概念体系的基本层次，重点在于经济系统、经济信息和经济控制等问题。第二部分介绍了概念体系的核心部分，重点在于经济控制论系统和经济控制论法则。第三部分介绍了展开层次，着重以结构-功能的分析方法对整个国民经济作系统的分类和描述。在介绍概念体系的这三个层次时，基本上是从概念的定性分析

入手，用经济控制论这门学科的新观点和新方法来概括人们所熟悉的主要经济现象，并由此展示出一幅有关经济运动的新的“图像”。同时，希望这一新的“图像”能够有助于人们探索尚未弄清的或争论不休的经济领域。最后，在这样的基础上，对各个经济系统的运动和过程提出相应的经济－数学模型。

然而，由于本书自始至终都是沿着理清概念体系这条思路来介绍经济控制论的，这就难免对其他许多方面，甚至是十分重要的方面，有所忽视。我们认为至少有三个重要方面需要进一步了解或深入探讨的。

首先，对于展开层次中各种经济控制论系统的经济-数学模型必须进行系统的综合工作，以形成国民经济总控制论系统的模型体系。在这个模型体系中，各种模型不是孤立的、彼此无关的，而是组成统一整体的各个部分，它们之间有各种横向联系和纵向联系。某一经济问题的解决，往往需要把许多模型联系在一起共同求解才能实现。对于国民经济总控制论系统这样一个超级大系统来说，建立模型体系是完全必要的。要进行这项工作必须进一步对各种经济现象和过程做更具体、更深入、更细致的经

济控制论分析。这项工作目前无论是在宏观经济方面还是在微观经济方面都已经取得不少进展，有关论文相继问世。在此基础上，可以指望建立起整个国民经济的模型体系，从而使经济控制论这门学科更加完整和充实。

其次，经济控制论需要在一个更大的社会系统(广义的社会系统)的背景下研究经济问题，也就是说，需要把整个社会-经济现象和经济-社会现象作为“背景”来描绘经济运动的“图像”。为此，就需要把研究的视野从经济领域拓广到社会领域，展开有关社会控制论或社会系统论方面的研究工作，而在这些工作中经济控制论只是其中的重要组成部分。只有这样，才能真正把经济控制论这门学科从“方法”的阶段推进到“理论”的阶段，使其真正上升到“理性”的高度(相应于马克思主义理论经济学的统一的逻辑体系)。我们相信，随着经济控制论的蓬勃发展，社会控制论也会崛起、兴盛，两者彼此呼应，将为社会科学规范化体系的建立提供必要的“元语言”。

再次，对于经济控制论的定量分析来说，还有许多方面需要作更进一步的阐述。尤其是近年来现代控制理论在经济领域中的成功运用，使许多经济

数学的分析方法逐渐自成一体，这就需要在经济控制论的理论框架内把它们综合起来，统一加以整理。这项工作既有重大的理论意义又有重要的实际价值。可以说，当代数量经济学许多较成熟的工作都与此相关，它们为经济控制论形成严密的实证科学创造了必要的条件．为经济控制论系统提供了一般的数学描述。其中主要涉及的内容有：经济系统的状态空间表示，动态经济系统的可控性、可观性和稳定性等问题，以及动态经济系统的反馈、控制和最优控制等问题。这些内容，虽有部分零星地散见于本书，但远非系统、严密而详尽，这些部分正是有待于我们进一步研究介绍的。